



**Joana Corrêa de Sá Arriaga e Cunha**

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

**Redução do refugo de uma fábrica de  
embalagens plásticas com a aplicação  
da metodologia Seis Sigma**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia  
e Gestão industrial

Orientador: Professor Doutor José Requeijo, Faculdade  
de Ciências e Tecnologia

Júri:

Presidente: Professora Doutora Virgínia Machado

Arguente: Professora Doutora Maria Cristiana Mendonça



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Julho de 2012



“Copyright” Joana Corrêa de Sá Arriaga e Cunha, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpetuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua copia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## **AGRADECIMENTOS**

---

A realização deste trabalho só foi possível devido à dedicação e colaboração de um grande número de pessoas.

Aos

Professor José Requeijo.

Engenheira Ana Paula Caldeira

Engenheiro Bruno Fera

Engenheira Ana Ferreirinha

E a todos os operadores e trabalhadores da fábrica Logoplaste Santa Iria pelo apoio e dedicação ao trabalho.

Ao Theo e ao John pelo incentivo e motivação.



## RESUMO

---

Com um mercado cada vez mais competitivo torna-se necessário enfrentar desafios e ganhar espaço de actuação. Para tal é importante que as empresas estejam atentas à qualidade dos seus produtos e serviços. Implementar métodos de melhoria de processo permite aumentar a produtividade da empresa, reduzindo o número de falhas/defeitos, tempos de ciclo e custos assim como aumentar a satisfação do cliente.

O método Seis Sigma vai ao encontro desta necessidade, e quando bem gerido traz grandes benefícios às empresas que o adoptam. Com o objectivo de o inserir no quotidiano de uma empresa foi desenvolvido um trabalho sobre a sua aplicação utilizando a metodologia DMAIC, numa fábrica de embalagens plásticas para cremes vegetais. A ideia principal do trabalho foi a de reduzir a percentagem de refugo através da eliminação de defeitos e falhas utilizando a técnica proposta. Foram sugeridas diferentes medidas, onde algumas delas foram implementadas, obtendo-se uma optimização da produção a partir da diminuição dos resíduos gerando, consequentemente, um aumento do nível Sigma.

Seis Sigma, DMAIC, Refugo, Defeito, Melhoria





## **ABSTRACT**

---

In an increasingly competitive market it is necessary to face challenges and win more market. Therefore is important for the companies to be attentive to the quality of their products and services. Implementing methods that improve the process allows growth in productivity by the reduction in number of faults / defects, cycle times and costs and customer satisfaction. The Six Sigma method meets this need and when properly managed brings great benefits for companies that adopt it. Aiming to validate the method and insert it into the daily life of a company was developed a research over the application of the Six Sigma strategy, using the DMAIC methodology, in a factory that produces rigid plastic packaging for vegetable creams. The main idea was to reduce the percentage of reject through the elimination of defects or failures using the proposed technique. Ways to reduce reject were suggested, some of them have been implemented, showing a production optimization and, consequently, a Six Sigma level increase.

Six Sigma, DMAIC, Reject, Defect, Improve



## Índice

Capítulo 1 - INTRODUÇÃO .....	1
Capítulo 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1. Evolução da Qualidade.....	3
2.2. Definição da Qualidade .....	6
2.3. Definição de Seis Sigma.....	11
2.4. Evolução do Seis Sigma .....	12
2.5. Seis Sigma – A sua base de funcionamento.....	15
2.5.1. A Estrutura .....	15
2.5.2. A Variabilidade .....	16
2.5.3. A Métrica.....	16
2.5.4. A Estatística.....	17
2.5.5. A Metodologia.....	19
2.5.6. A Equipa.....	20
2.5.7. Factores chave para a sua implementação .....	21
2.5.8. Características críticas para a Qualidade.....	22
2.5.9. Benefícios.....	23
2.5.10. O seu sucesso.....	24
2.5.11. Seis Sigma e TQM.....	29
2.5.12. Seis Sigma e ISO 9000 .....	30
2.5.13. A Liderança .....	31
2.5.14. O Futuro do Seis Sigma.....	33
2.6. Ciclo DMAIC.....	34
2.7. Ferramentas .....	42
2.7.1. 5 Whys 2H's ou os cinco porquês.....	43
2.7.2. Brainstorming.....	43
2.7.3. Cartas de controlo.....	43
2.7.4. Diagrama de Pareto .....	46
2.7.5. Diagrama SIPOC .....	46

2.7.6.	Diagrama de afinidades .....	47
2.7.7.	Diagrama de Causa e Efeito.....	47
2.7.8.	Fluxograma.....	48
2.7.9.	Histograma .....	48
2.7.10.	Mapeamento de processo.....	49
2.7.11.	Matriz de prioridades.....	50
2.7.12.	Project Charter.....	50
Capítulo 3 – APRESENTAÇÃO DA EMPRESA .....		51
3.1.	Fábrica Logoplaste Santa Iria .....	52
3.2.	Processo de moldagem por injeção .....	54
3.3.	Descrição das Máquinas avaliadas .....	57
3.4.	Defeitos .....	58
3.5.	Matérias-primas.....	61
3.5.1.	Polipropileno .....	61
3.5.2.	Masterbatch .....	62
3.5.3.	Etiqueta.....	63
Capítulo 4 – CASO DE ESTUDO.....		65
4.1.	Definir .....	66
4.1.1.	Avaliação do refugo da fábrica.....	66
4.1.2.	Identificação do problema .....	67
4.1.3.	Escolha da equipa .....	67
4.1.4.	Seleção do projecto .....	68
4.1.5.	Definição da meta a atingir.....	71
4.1.6.	Definir com precisão o escopo do projecto .....	72
4.2.	Medir.....	75
4.2.1.	Recolha de dados.....	75
4.2.2.	Cartas de Controlo .....	81
4.3.	Analisar .....	83
	Máquina 47 .....	85

4.3.1.	Máquina 94.....	88
4.3.2.	Máquina 144.....	91
4.3.3.	Máquina 148.....	94
4.3.4.	Máquina 150.....	96
4.3.5.	Análise relativa a todas as máquinas: .....	96
4.4.	Melhorar.....	97
4.4.1.	Máquina 47.....	97
4.4.2.	Máquina 94.....	98
4.4.3.	Máquina 144.....	98
4.4.4.	Máquina 148.....	99
4.4.5.	Máquina 150.....	103
4.4.6.	Plano de acção relativo a todas as máquinas em estudo.....	103
4.5.	CONTROLAR .....	106
Capítulo 5 – CONCLUSÃO E DISCUSSÃO.....		109
Capítulo 6 - BIBLIOGRAFIA.....		111



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Evolução cronológica do Seis Sigma segundo Eckes (2001) .....	14
Figura 2.2: Estrutura Meso-Paralela de Seis Sigma (Schroeder, Linderman, Liedtke, & Choo, 2007).....	15
Figura 2.3: Distribuição com a média centrada na especificação nominal (Mitchell, 1992).....	18
Figura 2.4: Distribuição Normal, diferença entre 3 e 6 Sigma (Man, 2002).....	18
Figura 2.5: Os três pilares do sucesso do Seis Sigma (Werkema, 2004).....	24
Figura 2.6: Equação Y (McCarty, Bremer, Daniels, & Gupta, 2004) .....	32
Figura 2.7: Ciclo PDCA (Shewhart, 1939); (Deming W. E., 1990).....	34
Figura 2.8: Ciclo DMAIC .....	35
Figura 2.9: Perguntas associadas a cada fase do ciclo DMAIC (McCarty, Bremer, Daniels, & Gupta, 2004) .....	37
Figura 2.10: Método DMAIC (Antony, 2006) .....	38
Figura 2.11: Esquema das Cartas de Controlo .....	45
Figura 2.12: Diagrama de SIPOC.....	46
Figura 2.13: Exemplo de Diagrama de Ishikawa .....	47
Figura 2.14: Exemplo de um fluxograma .....	48
Figura 2.15: Processo .....	49
Figura 3.1: localização das fábricas da Logoplaste (Retirado de: <a href="http://www.logoplaste.com">www.logoplaste.com</a> ) .....	51
Figura 3.2: Organigrama da fábrica.....	52
Figura 3.3: Fábrica da Logoplaste Santa Iria .....	53
Figura 3.4: Processo de moldagem por injeção. a) Conceito; b) Esquema.....	54
Figura 3.5: Esquema do processo de etiquetagem no molde .....	55
Figura 3.6: Ciclo característico de injeção .....	56
Figura 3.7: Lay-out da fábrica .....	57
Figura 3.8: Método de avaliação visual de defeitos na embalagem. ....	59
Figura 3.9: a) Alvéolos da fábrica do cliente; b) método passa/não passa (fundos) nos calibradores; c) método passa/não passa (Tampões) nos calibradores .....	59
Figura 3.10: Fluxograma de actuação na presença de um defeito.....	60
Figura 3.11: a) Masterbatch; b) Polipropileno .....	63
Figura 3.12: Exemplos de etiqueta e embalagens. ....	64
Figura 4.1: Percentagem de refugo total do segundo semestre de 2009.....	66
Figura 4.2: Percentagem de refugo de Dezembro de 2009 de todas as máquinas .....	70
Figura 4.3: Esquema de divisão do refugo .....	76
Figura 4.4: Procedimento de recolha de dados .....	77
Figura 4.5: Gráfico do refugo de duas semanas da máquina 47.....	79

Figura 4.6: Gráfico do refugo de duas semanas da máquina 94.....	79
Figura 4.7: Gráfico do refugo de duas semanas da máquina 144.....	80
Figura 4.8: Gráfico do refugo de duas semanas da máquina 148.....	80
Figura 4.9: Cartas de Controlo p. a) Máq.47; b) Máq. 94; c) Máq. 144; d) Máq.148 .....	81
Figura 4.10: Mapeamento do processo.....	84
Figura 4.11: Diagrama de Pareto da máquina 47.....	85
Figura 4.12: Exemplo de contaminação .....	85
Figura 4.13: Diagrama de Pareto da máquina 94.....	88
Figura 4.14: Exemplo de etiquetas com <i>curling</i> nos magazines .....	88
Figura 4.15: Diagrama de Ishikawa para etiqueta Descentrada da máquina 94 .....	89
Figura 4.16: Embalagem com ponto de injeção entupido .....	90
Figura 4.17: Diagrama de Pareto da máquina 144.....	91
Figura 4.18: Exemplo de embalagens com o defeito de etiqueta em V .....	91
Figura 4.19: Diagrama de Ishikawa da etiqueta em V da máquina 144.....	92
Figura 4.20: Diagrama de Pareto da máquina 148.....	94
Figura 4.21: Diagrama de Ishikawa para a contaminação da máq. 148 .....	95
Figura 4.22: Defeito de Etiqueta dobrada.....	96
Figura 4.23: Colunas da máquina 47 que foram rodadas.....	97
Figura 4.24: Acumulação de material nos bicos de injeção. ....	99
Figura 4.25: Capas de troca rápida para bicos de injeção. ....	99
Figura 4.26: Procedimento de limpeza da máquina 148.....	100
Figura 4.27: Teste comparativo de dois produtos de limpeza na máquina 148.....	101
Figura 4.28: a) Desperdício na troca de pigmento; b) produto de limpeza após sair do fuso ....	102
Figura 6.1: Método de avaliação visual de defeitos de etiqueta nos fundos.....	119
Figura 6.2: Método de avaliação visual de defeitos na embalagem .....	119
Figura 6.3: Avaliação de defeitos de etiqueta nos tampos .....	120



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1: Etapas do movimento da Qualidade segundo Garvin (1992:44) .....	6
Tabela 2.2: Diferentes faces da Qualidade segundo Garvin (Garvin D. A., 1987) .....	8
Tabela 2.3: Conceito de Qualidade segundo vários "gurus" da Qualidade .....	10
Tabela 2.4: Relação entre nível Sigma, DPMO e Custos de baixa Qualidade .....	16
Tabela 2.5: Comparação entre 4 Sigma e 6 Sigma. (Harry & Schroeder, 2000).....	17
Tabela 2.6: Descrição das responsabilidades dos elementos da equipa(Coronado & Antony, 2002) .....	21
Tabela 2.7: Benefícios e poupanças através do método Seis Sigma.(Weiner, 2004); (Feo & Bar-El, 2002); (Antony & Banuelas, 2002);(Buss & Ivey, 2001); (McClusky, 2000).....	23
Tabela 2.8: Comparação entre TQM, Seis Sigma e ISO 9000 (Rebelato & Oliveira, 2006) .....	31
Tabela 2.9:Relação entre PDCA, DMAIC e ferramentas da Qualidade (Aguilar, 2002) .....	36
Tabela 2.10: Ciclo DMAIC (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2000). .....	38
Tabela 2.11: Relação entre as fases DMAIC e ferramentas (Hagemeyer, Gershenson, & Johnson, 2006) .....	42
Tabela 2.12: Tipos de Cartas de Controlo. ....	44
2.13: Exemplo explicativo de uma matriz de prioridades .....	50
Tabela 3.1 - Propriedades e características das etiquetas .....	64
Tabela 4.1: Resumo das fases DMAIC.....	65
Tabela 4.2: Diferença entre Desperdício e Refugo .....	67
Tabela 4.3: Equipa participante do projecto .....	68
Tabela 4.4: Matriz de prioridades.....	69
Tabela 4.5 - Máquinas seleccionadas para participar no estudo .....	70
Tabela 4.6: Nível Sigma inicial e nível Sigma que se pretende atingir .....	71
Tabela 4.7: Mapa de Raciocínio da fase Definir.....	72
Tabela 4.8: Project Charter.....	73
Tabela 4.9 - SIPOC .....	73
Tabela 4.10: Cronograma do projecto .....	74
Tabela 4.11 – Ferramenta 5W1H .....	75
Tabela 4.12: Relação entre os defeitos e possíveis causas da máquina 47 .....	87
Tabela 4.13: Relação entre os defeitos e possíveis causas da máquina 144.....	93
Tabela 4.14: Relação entre defeitos e possíveis causas da Máquina 148.....	95
Tabela 4.15: Plano de acção .....	104
Tabela 4.16: Comparação do nível Sigma inicial, objectivos e final .....	107
Tabela 6.1 - Defeitos detectados por inspecção visual .....	121
Tabela 6.2: Identificação dos defeitos mais comuns.....	122

Tabela 6.3: Dados recolhidos na fase medir .....	124
Tabela 6.4: Folha de recolha de dados na fase medir .....	126

## LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIATURAS

---

6σ	Seis Sigma
ASM	Análise de Sistemas de Medição
DF	Defeito
DFC	Defeito Critico
DFM	Defeito Maior
DFMN	Defeito Menor
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control – Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar
DPMO	Defeito por milhão de oportunidade
FN	Fundos (embalagem)
IML	In Mould labeling ou etiquetagem no molde
LIC	Limite Inferior de Controlo
LC	Limite Central
LSC	Limite Superior de Controlo
MB	Masterbatch
PP	Polipropileno
PDCA	Plan, Do, Check, Act – Planear, Executar, Verificar, Agir
SAP	Sistemas de gestão de dados
TP	Tampos (tampa da embalagem)
TQC	Total Quality Control ou Controle da Qualidade Total
TQM	Total Quality Management ou Gestão pela Qualidade Total



## Capítulo 1 - INTRODUÇÃO

---

Entre as características mais importantes para o sucesso de uma indústria estão a qualidade do produto e eficiência da produção. Ao longo do curso de Engenharia e Gestão Industrial essas características são amplamente abordadas e discutidas em diferentes disciplinas. Além disso, hoje em dia, tais características juntam-se ao amplo tema da sustentabilidade, não mais abordado apenas de forma técnica e científica como também é um assunto comum a qualquer cidadão. Essa busca por optimização e controle de qualidade motivou o desenvolvimento deste trabalho, o qual apresenta uma aplicação de um método de melhoria de produção denominado Seis Sigma. O método é baseado na identificação das causas dos defeitos com o objectivo de o aparecimento de defeitos, e uma diminuição da variabilidade do processo de produção.

O trabalho foi realizado numa fábrica de produção de embalagens plásticas, tendo como principal objectivo utilizar a metodologia Seis Sigma, e a metodologia DMAIC, para reduzir a percentagem de refugo da produção em questão. O estudo foi realizado em cinco máquinas distintas, 3 máquinas da marca Husky e 2 Nestal, durante o período de Fevereiro a Julho de 2010. A interpretação geral do comportamento destas máquinas permite que sirva como base para a aplicação nas restantes, uma vez que a escolha das mesmas foi pensada de forma a abranger os diferentes tipos.

Para cada máquina foi aplicada a metodologia DMAIC a qual é constituída por 5 fases - Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar. Inicialmente foi definido o escopo do projecto, onde foram tidos em conta os resultados de refugo do segundo semestre do ano de 2009, resultados esses que foram retirados do software SAP utilizado pela empresa.

A primeira etapa foi crucial para definir o ponto onde a empresa se encontrava, ou seja, definir o ponto de partida, saber qual a percentagem de refugo no momento, relacionando com o nível sigma correspondente. Através desses valores foi possível quantificar e definir a redução de refugo, projectando os valores de nível sigma possíveis de serem atingidos ao final dos seis meses de trabalho.

Depois de obtidos os dados, foram realizadas várias reuniões com toda a equipa: chefes de turno, operadores, engenheiros e técnicos de manutenção, a fim de cada um dar o seu contributo (*brainstorming*) na análise e avaliação causa-efeito do refugo. Após a fase de análise foi necessário encontrar soluções de melhoria através das fases de melhoria e controlo.

A dissertação está organizada da seguinte forma:

No primeiro capítulo está descrita a introdução.

No segundo capítulo é apresentada a revisão bibliográfica, onde é definido o conceito de Qualidade assim como a metodologia Seis Sigma e o método DMAIC.

No terceiro capítulo é apresentada a empresa e em particular a fábrica da Logoplaste de Santa Iria, também é descrito seu processo de produção, incluindo matérias-primas utilizadas e os defeitos de maior ocorrência.

O quarto capítulo trata do caso de estudo. São aplicados as cinco fases do ciclo DMAIC e utilizadas ferramentas de controlo da Qualidade.

No quinto capítulo são apresentados as conclusões e discussão, bem como sugestões para trabalhos futuros.

Por último, o sexto capítulo é constituído pela bibliografia e no final do trabalho consta ainda uma secção de anexos.

## Capítulo 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

---

Este capítulo tem como objectivo fundamentar o tema em estudo neste trabalho. Pretende-se descrever o conceito da evolução histórica da Qualidade e da metodologia Seis Sigma. Serão abordadas várias perspectivas de vários “gurus” da Qualidade. Será ainda descrito o método DMAIC visto de várias perspectivas bem como as ferramentas da Qualidade.

### 2.1. Evolução da Qualidade

Segundo Pereira & Requeijo (2008), a Qualidade manifesta-se ao longo da história desde as civilizações mais primitivas, pois os homens desde sempre que têm tido o cuidado de executar bem as tarefas.

No século XVIII surgem as primeiras fábricas na Europa com a Revolução Industrial, onde a Gestão da Qualidade é feita através de inspectores que verificam a produção e reportam aos superiores. No século XIX são introduzidos os princípios de Taylor (1856-1915) sobre a especialização por tarefas, pois a produção já era em massa, tendo surgido a necessidade de melhorar a capacidade de resposta ao aumento da procura.

O modelo de Taylor levou a um aumento da produção, no entanto gerou dois problemas:

1. Distanciamento da gestão de topo da produção e da gestão da qualidade;
2. Necessidade de criar departamentos de inspecção.

Durante a Primeira Guerra Mundial (1914-1918), as falhas nos equipamentos militares deram origem à fase da Inspeção, pois o equipamento militar fora de especificação não podia ser utilizado em serviço. O tempo entre as duas Grandes Guerras ficou caracterizado pela fase do Controlo Estatístico da Qualidade, onde se desenvolveram as técnicas estatísticas como a avaliação da Qualidade por amostragem e as Cartas de Controlo.

Com o início da Segunda Guerra Mundial (1939-1945) surgiu a necessidade de desenvolver novas formas de gestão de produção baseadas na normalização, elaboração de especificações técnicas, gestão de encomendas e implementação de procedimentos que conduzissem ao aumento da produção.

No final da Guerra surge o aparecimento de um departamento de Controlo da Qualidade nas empresas que tinha como função a inspecção e teste dos produtos, bem como a aplicação de técnicas estatísticas e auditorias.

Nos EUA após a Guerra surge uma organização da Qualidade chamada “*American Society for Quality Control*” que originou vários estudos que permitiram utilizar métodos estatísticos no planeamento, análise e na melhoria da fiabilidade de componentes e sistemas.

Em 1950, Armand Feigenbaum introduziu nos EUA o conceito de Qualidade Total, sistema de gestão que tem como objectivo entregar um produto ao cliente que seja da sua satisfação, mas ao menor custo possível. Nesta altura surge o lema: -“Fazer bem à primeira”. Feigenbaum alertou que tal só seria possível se a preocupação com a Qualidade começasse na fase de concepção e desenvolvimento do produto e do processo.

Após a Segunda Guerra Mundial o Japão atravessou uma grande crise, e para a superar foram adoptadas novas estratégias: -começou-se a produzir a baixo custo, mas com muita qualidade nos produtos essencialmente para exportação.

Por volta de 1950, Deming e Juran foram convidados a participar em seminários no Japão dirigidos a engenheiros e gestores, tendo havido melhorias significativas nas empresas a nível de Qualidade. Surgiu então uma estratégia adoptada nas empresas japonesas designada por *Company Wide Quality-Control* (CWQC), baseada na Qualidade Total do Ocidente. Na década de 1970 os Japoneses conseguiram manter-se no mercado internacional devido aos preços competitivos e à elevada qualidade. Nesta fase começou a dar-se início a um aumento das exigências por parte dos consumidores, a uma procura pela satisfação, e a uma preocupação por parte das empresas em fidelizar os clientes.

A década de 1980 caracteriza-se pela fase da Garantia da Qualidade, onde se começa a dar importância à qualidade dos métodos de trabalho, ao desenvolvimento da documentação de suporte e à definição de métodos de controlo adequados. Nesta altura muitas empresas de vários países começaram a adoptar o TQM (Total Quality Management), Gestão pela Qualidade Total, permitindo alcançar a excelência e surpreender os clientes, surgindo aqui o conceito de prevenção em vez da inspecção.

Ao longo do séc. XX desenvolveram-se várias técnicas e metodologias com o objectivo de aumentar a produtividade, fidelizar os clientes e reduzir os custos. Chegou-se à conclusão que a gestão aliada à estatística permitia desenvolver uma procura contínua da melhoria da qualidade. De entre várias metodologias e ferramentas de gestão destacamos algumas mais importantes como: princípios de Gestão pela Qualidade Total, a certificação dos sistemas de Gestão da Qualidade, as catorze ferramentas da Qualidade, o desdobramento da Função Qualidade (QFD), *Benchmarking*, Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA), Desenho de Experiências (DOE), Métodos de Taguchi e o Controlo Estatístico de Processos.

Existem hoje, implementados nas organizações, Sistemas de Gestão da Qualidade (ISO) que permitem ou não que a empresa seja certificada por entidades acreditadas. Estes Sistemas de Gestão da Qualidade têm como objectivo melhorar o desempenho das empresas bem como satisfazer os clientes.

A norma ISO 9001:2000 é neste momento o Sistema de Gestão da Qualidade pela qual se pode certificar uma empresa, norma essa constituída por vários requisitos.



A arte de se obter Qualidade, experimentou uma grande evolução no século XX, partindo da mera inspecção de produtos acabados, até à visão estratégica de negócios (Gale & Buzzell, 1991)

Em 1961 (Feigenbaum) a evolução da qualidade pode ser resumida em cinco fases:

- 1ª Fase: 1900 – Controlo da Qualidade realizado pelo operador – Cada trabalhador, ou um grupo pequeno de trabalhadores, era responsável pela sua própria produção o que permitia que cada um controlasse a sua qualidade;
- 2ª Fase: 1918 – Controlo da Qualidade realizado pelo Supervisor – Um Supervisor dirigia as acções de uma equipa e assumia a responsabilidade da equipa relativamente à qualidade;
- 3ª Fase: 1937 – Controlo da Qualidade por inspecção – Surgiu com a finalidade de detectar se os produtos: peças, componentes e ferramentas estavam de acordo com os padrões estabelecidos;
- 4ª Fase: 1960 – Controlo estatístico da Qualidade – Em qualquer produção ocorre sempre uma variação de matéria-prima, equipamentos, operadores. Surgiu a necessidade de distinguir entre a variação aceitável e a variação que indicava problemas. O controlo estatístico da Qualidade surgiu com o objectivo de prevenir e resolver problemas. Nesta altura surgiram ainda as sete ferramentas básicas da Qualidade utilizadas na produção: Fluxograma; Folha de Verificação; Diagrama de Pareto; Diagrama Causa e Efeito; Histograma; Diagrama de Dispersão e Cartas de Controlo.
- 5ª Fase: 1980 - Gestão da Qualidade – Começou a haver uma preocupação em quantificar os Custos da Qualidade, começou a haver um Controlo da Qualidade e uma busca pelos Zero Defeitos.

Segundo Garvin (1992:44) a evolução da Qualidade pode ser descrita tal como na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Etapas do movimento da Qualidade segundo Garvin (1992:44)

	INSPECÇÃO	CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE	GARANTIA DA QUALIDADE	GESTÃO ESTRATÉGICA DA QUALIDADE
Preocupação básica	Verificação	Controle	Coordenação	Impacto estratégico
Visão da Qualidade	Um problema a ser resolvido	Um problema a ser resolvido	Um problema a ser resolvido mas que seja enfrentado proactivamente	Uma oportunidade de concorrência
Ênfase	Uniformidade do produto	Uniformidade do produto com menos inspecção	Toda a cadeia de produção, desde o projecto até ao mercado e a contribuição de todos os grupos funcionais para impedir falhas de qualidade.	As necessidades de mercado e do consumidor
Métodos	Instrumento de medição	Instrumentos e técnicas estatísticas	Programas e sistemas	Planeamento estratégico, estabelecer objectivos e mobilização da organização
Papel dos profissionais da qualidade	Inspecção, classificação, contagem e avaliação	Solução de problemas e a aplicação de métodos estatísticos.	Mensuração planeamento da qualidade e projecto de programas	Estabelecer objectivos, educação e treino. Trabalho consultivo com outros departamentos e delineamento de programas
Quem é o responsável pela qualidade	O departamento de inspecção.	Os departamentos de inspecção e engenharia.	Todos os departamentos. A gestão de topo só se envolve preferencialmente com projecto, planeamento e a execução de políticas de qualidade	Todos na empresa. A gestão de topo exerce forte liderança.
Orientação e abordagem	Inspecciona a qualidade.	Controla a qualidade.	Constrói a qualidade.	Gere a qualidade.

## 2.2. Definição da Qualidade

O conceito de Qualidade está directamente relacionado com as percepções de cada indivíduo. São vários os factores que influenciam a definição de Qualidade, tais como, cultura, os modelos mentais e as expectativas.

Hoje em dia vivemos a busca da Qualidade Total nas empresas, como factor de sobrevivência e competitividade.

Para compreendermos melhor a evolução do conceito Qualidade, é importante analisarmos "de onde viemos", a fim de entendermos "onde estamos", para então sabermos, "para onde vamos" no seu evoluir (Gale & Buzzell, 1991).

Qualidade existe desde que o mundo é mundo.

Ao longo da história o homem sempre procurou o que mais se adequava às suas necessidades, quer fosse de ordem material, intelectual, social ou espiritual. A relação cliente-fornecedor, sempre se manifestou na sociedade, nas famílias, entre amigos, nas organizações de trabalho, ou nas escolas. (Gale & Buzzell, 1991).

W. Edwards Deming, um dos estudiosos da Qualidade, participou num estudo de comportamento organizacional conhecido como: - “experiências de Hawthorne”.

Essas “experiências” foram realizadas em 1927, pelo Conselho Nacional de Pesquisas dos E.U.A.

Nessas “experiências”, verificou-se que os empregados motivados atingiam níveis de produtividade superiores. No entanto, a fonte de motivação, tinha a ver com a atenção dispendida por parte da gestão de topo a esses empregados, e não com outro tipo de recompensas, como prémios, ou promessas de progressão na carreira, de que tanto se fala nos dias de hoje (Mayo, 1933).

Juran (1951) diz-nos que nem sempre partimos de uma definição clara do que é a Qualidade. No entanto, estamos constantemente a ser chamados à atenção para melhorar a Qualidade do nosso trabalho. Quando nos deparamos com situações em que, como utilizadores de um bem, ou, serviço, as nossas necessidades ou expectativas não são satisfeitas, sabemos que a Qualidade não foi atingida.

Feigenbaum (1961) criou o conceito TQC - *Total Quality Control*, ou, controlo da Qualidade total - uma filosofia onde a Qualidade resulta de um esforço e comprometimento de todos os indivíduos que colaboram numa organização, e não apenas de um grupo de projecto.

Crosby (1979) define Qualidade em termos da conformidade do produto, com as suas especificações técnicas e requisitos, mas introduz a ideia de que a Qualidade é grátis.

Que compensa sempre o investimento, desde que se garanta que o processo vai produzir bem à primeira: - "*right first time*".

Deming (1986) diz-nos que a Qualidade deve ser direccionada para as necessidades, presentes e futuras, dos clientes.

Garvin (1987) refere diversas visões da Qualidade, explanadas na Tabela 2.2 na página seguinte.

Tabela 2.2: Diferentes faces da Qualidade segundo Garvin (Garvin D. A., 1987)

Performance	Medida de desempenho do produto a nível das principais funções;
Funcionalidade do Produto	Conjunto de funções secundárias que complementam a oferta do produto;
Fiabilidade	Probabilidade do produto deixar de funcionar de forma adequada num determinado período de tempo. Tempo médio até que ocorra uma falha;
Conformidade	Medida do nível de adequação do produto às suas especificações. Reflecte a perspectiva de Deming e Juran. Serve de base ao controlo estatístico do processo;
Durabilidade	Medida do tempo de vida do produto em termos técnicos ou até ao momento em que a reparação deixa de ser eficiente do ponto de vista económico.
Serviço	Refere-se à rapidez, a cortesia, competência e facilidade em reparar o produto.
Aparência	Refere-se à estética ou apelo sensorial do produto
Imagem	Refere-se a uma percepção subjectiva de Qualidade associada à marca do produto

Deming (1990) diz que a Qualidade, só pode ser definida em termos de quem a avalia.

Na opinião do operador, ele produz Qualidade se ele se orgulhar do seu trabalho, e baixa Qualidade, para ele, significa perda de negócio e, talvez, até a perda do seu emprego. Já alta Qualidade, para ele, manterá a empresa no negócio. Isto é verdade tanto para as empresas de serviços, quanto para as de produção de bens. Qualidade para o administrador da fábrica, significa produzir a quantidade planeada e atender às especificações. A sua função é o constante aperfeiçoamento dos processos, e a constante melhoria da sua liderança.

Deming enfatiza o cliente, ao relatar que a Qualidade não é um luxo, mas sim aquilo que o cliente quer e que realmente necessita. Diz-nos ainda que é difícil defini-la, pois os desejos dos clientes estão em constante mudança, e que a solução para definir Qualidade estão em constante mudança, e que a solução para definir Qualidade é redefinir constantemente as especificações (Deming W. E., 1990). Especificações são características às quais o produto deve responder.

Deming (1990) defendia que para uma organização se manter com um certo nível de Qualidade, era necessário o empenho contínuo da gestão de topo. Sem uma estrutura adequada que possibilitasse a transformação da própria organização, de nada serviriam os esforços dos trabalhadores.

Assim, a filosofia da Qualidade que Deming expressou, contém 14 princípios, e é direccionada especificamente aos gestores:

1. Criar na organização um propósito constante direccionado à melhoria de produtos e serviços;
2. Criar um clima organizacional onde falhas e negativismo não são aceites, e sim encarados como oportunidades de melhoria;
3. Deixar de depender da inspecção para atingir Qualidade. Eliminar a necessidade de inspecção em massa, e introduzir a Qualidade no produto desde o seu primeiro estágio;
4. Terminar com a prática de decidir contractos com base no preço mais baixo, em alternativa minimizar o custo total do ciclo de vida do produto;
5. Desenvolver relações de longo prazo com fornecedores do processo;
6. Procurar a melhoria contínua do processo produtivo, melhorando a qualidade e reduzindo os custos;
7. Instituir um programa de treino e formação;
8. Instituir a liderança. O objectivo da chefia deve ser o de ajudar as pessoas, máquinas e dispositivos a executarem um trabalho melhor. A chefia administrativa necessita de uma revisão geral, tal como a chefia dos trabalhadores de produção;
9. Eliminar razões para receios e medos, criar um clima de confiança;
10. Eliminar barreiras entre os departamentos das empresas. As pessoas envolvidas em projectos devem trabalhar em equipa de modo a melhorar o processo;
11. Eliminar slogans que levem a aumentos de produtividade; os verdadeiros problemas residem na estrutura do sistema e não podem ser resolvidos somente pelos trabalhadores;
12. Terminar com a prática de gestão por objectivos e quotas de trabalho, a liderança efectiva substitui estas práticas;
13. Eliminar barreiras que impeçam os colaboradores de se sentirem orgulhosos no seu trabalho;
14. Implementar técnicas de controlo estatístico da Qualidade ao nível dos operadores e envolver todos os colaboradores no processo de transformação da organização.

Os princípios da Qualidade que Deming enumerou, permanecem válidos até hoje. No entanto, o seu conceito de Qualidade era demasiado reduzido, e demasiado focado nos aspectos do produto. Nos princípios enumerados, podemos subentender por um lado, a necessidade de motivar os trabalhadores da empresa para a melhoria da Qualidade, por outro, a responsabilidade da gestão em assegurar as condições que permitem que esforços individuais resultem em melhorias do sistema (Deming W. E., 1990).

Definir Qualidade através de uma única frase é algo muito tentador mas não se conhece muitas definições curtas aptas de aprovação (Juran & Gryna, 1991). A Tabela 2.3 dá-nos a ideia da definição de Qualidade segundo alguns autores.

Tabela 2.3: Conceito de Qualidade segundo vários "gurus" da Qualidade

Autor	Definição de Qualidade
CROSBY (1979)	"Qualidade é a conformidade do produto com as suas especificações."
JURAN (1991)	"Qualidade é a ausência de deficiências"
ISHIKAWA (1993)	"Qualidade é desenvolver, projectar, produzir e comercializar um produto de Qualidade que é mais económico, mais útil e sempre satisfatório para o consumidor."
DEMING (1993)	"Qualidade é tudo aquilo que melhora o produto do ponto de vista do cliente".
FEIGENBAUM (1961)	"Qualidade é a correcção dos problemas e das suas causas ao longo de toda a série de factores relacionados com marketing, projectos, engenharia, produção e manutenção, que exercem influência sobre a satisfação do usuário."

Da Tabela 2.3 podemos retirar que Qualidade, é aquilo que está relacionado com o cliente e que satisfaça as suas necessidades. O produto deve estar de acordo com as suas expectativas e em conformidade com as especificações.

Para Crosby, as necessidades devem ser especificadas, e a Qualidade é possível quando essas especificações são obedecidas sem ocorrência de defeito.

Para Juran, quanto melhor a Qualidade, menor o número de defeitos. Para Ishikawa, Qualidade é gerar um produto satisfatório para o cliente. Deming, associa Qualidade à impressão do cliente, portanto esta não é estática. A dificuldade em definir Qualidade está na renovação das necessidades futuras do usuário em características mensuráveis, de forma que o produto possa ser projectado e modificado, para dar satisfação ao cliente por um preço que o usuário possa pagar. Feigenbaum, vê a Qualidade como correcção de defeitos.

Segundo Campos (1992) um produto tem Qualidade, quando atende perfeitamente, de forma confiável, acessível, segura e no tempo certo, às necessidades do cliente. É portanto um conceito fácil de reconhecer, mas difícil de definir. (Association, 1994).

Oakland (1994) cita que Qualidade é a constante busca pelo atendimento dos requisitos do cliente e ainda menciona que as organizações “seduzem” o cliente ao atender as suas exigências e proporcionando uma reputação de excelência.

## 2.3. Definição de Seis Sigma

O alfabeto Grego teve a sua origem no séc. VIII a.c, derivando do Fenício. Sigma, é a sua décima oitava letra, correspondendo no nosso alfabeto, à letra S. No período Helenístico, a sua forma manuscrita ( $\sigma$ ), foi simplificada na letra C. A forma C, tornou-se a usada na Antiguidade Clássica e na Idade Média. Aristarchus de Samotrácia (séc. II a.c.), que foi director da biblioteca de Alexandria, usou a letra Sigma ( $\text{C}$ ) com um ponto no centro, para indicar que uma linha assim marcada estava numa posição incorrecta. Usou também a forma invertida do C ( $\text{C}$ ) com um ponto no centro, para indicar uma linha a partir da qual seria necessário fazer arranjos, ou, numa outra interpretação, que haveria prioridades não muito bem definidas.

Em muitas áreas do conhecimento, letras vão adquirindo várias significações simbólicas. Na Matemática, Sigma ( $\Sigma$ ) é utilizado como símbolo de um somatório, ou de variáveis estatísticas.

Na estatística, significa o desvio padrão de uma amostra.

Seis Sigma, é um programa que estabelece a variabilidade máxima de uma característica de um produto, como + ou – 6 Sigma (desvios padrão), dentro dos limites de controlo.

Um nível Sigma maior, indica que existe menor número de defeitos associado ao processo.

Mas o programa Seis Sigma, corresponde a muito mais do que uma medida estatística (Perez-Wilson, 1999).

Para Perez-Wilson, ele significa, e é usado de diferentes formas:

- O Benchmark – O Seis Sigma é usado como um parâmetro para comparar o nível de Qualidade de processos, operações, produtos, características, equipamentos, máquinas, divisões e departamentos, entre outros.
- A Meta – A meta do Seis Sigma é chegar muito próximo dos zero defeitos, erros, ou falhas.
- A Medida – O Seis Sigma, é uma medida para determinar o nível de Qualidade. Quanto maior o número de Sigmas, dentro das especificações, melhor o nível da Qualidade.
- A Filosofia – O Seis Sigma, é uma filosofia de melhoria perpétua do processo (máquina, mão-de-obra, método, metrologia, materiais, ambiente), e redução de sua variabilidade na busca interminável de zero defeitos.

- A Estatística – O Seis Sigma, é uma estatística calculada para cada característica crítica à Qualidade, para avaliar a performance em relação à especificação, ou à tolerância.
- A Estratégia – O Seis Sigma é uma estratégia passada na inter-relação que existe entre o projecto de um produto, a sua fabricação, a sua Qualidade final e a sua fiabilidade, ciclo de controlo, inventários, reparos no produto, sucata e defeitos, assim como falhas em tudo o que é feito no processo de entrega de um produto a um cliente, e o grau de influência que eles possam ter sobre a satisfação do mesmo.
- O Valor – Seis Sigma, é um valor composto derivado da multiplicação de 12 vezes um dado valor do Sigma, assumindo 6 vezes o valor do Sigma dentro dos limites de controlo para a esquerda da média, e 6 vezes o valor do Sigma dentro dos limites de controlo para a direita da média, numa distribuição normal.
- A Visão – O Seis sigma, é uma visão de levar uma organização a ser a melhor do ramo. É uma viagem em busca da redução de variações, defeitos, erros e falhas. É estender a Qualidade para além das expectativas do cliente.

Os estudiosos e utilizadores do programa Seis Sigma, ora agora se viram para o modo de funcionamento organizacional, ora agora para o resultado final, para o definirem.

Assim, Shroeder (2007), define Seis Sigma como uma estrutura organizada meso-paralela, que tem como objectivo reduzir a variabilidade do processo em questão na organização, utilizando especialistas focados na melhoria, um método estruturado, e uma performance com objectivos estratégicos bem definidos.

E Jack Welch diz que o Seis Sigma é uma filosofia de negócios, que visa a obtenção de produtos virtualmente livres de defeitos.

## **2.4. Evolução do Seis Sigma**

A 15 de Janeiro de 1987, o director executivo da Motorola Inc, Bob Galvin, lançou um programa de Qualidade a longo prazo chamado “Programa de Qualidade Seis sigma”. Este nome foi dado por um engenheiro da mesma empresa chamado Bill Smith.

A Motorola fez comparações entre os resultados obtidos por diferentes empresas. Foram pesquisadas empresas conhecidas por ter alta Qualidade e níveis elevados de satisfação do cliente (*best-in-class*), e foram comparados com empresas de desempenho médio. Os dados foram desenhados num gráfico, e o seu nível de falha foi associado a um nível sigma. As empresas médias apresentavam taxas na ordem dos 3.000 a 10.000 falhas por milhão de



oportunidades, o que equivalia a um nível sigma entre o 3 e 4. As melhores empresas, (*best-in-class*), foram próximos a 3,4 falhas por milhão de oportunidade, o que equivalia ao nível 6 Sigma.

Em 1993, e a partir desta conclusão, a Motorola estabeleceu como meta de Qualidade a obtenção do nível 6 Sigma. A partir daqui muitas empresas começaram a aplicar o programa 6 Sigma. Na década de 90, e muito através do presidente da General Electric John F. Welch, o Seis Sigma ficou popular. A partir de 1995, todos os processos da GE, desde turbinas de aviões, até as empresas financeiras, começaram a trabalhar para obter o desempenho Seis Sigma (Coronado & Antony, 2002).

John Welch não acreditava em nenhum programa de Qualidade até conhecer a metodologia Seis Sigma. Via a Qualidade apenas como um custo, e não como um investimento.

Segundo Welch: -“A metodologia Seis Sigma tem sido a mais importante iniciativa que a General Electric já empreendeu”.

Mas, como sempre acontece quando há algo de novo, de diferente, para um lado ficam os cépticos, que discriminam e argumentam que o Seis Sigma não tem validade quando comparado com as restantes abordagens de gestão de qualidade, e, para o outro os que acreditam, estando neste caso as organizações já com um conceito maduro sobre Qualidade e que adoptam o 6 Sigma para melhorar o desempenho da empresa (Breyfogle, 1999); (Harry & Schroeder, 2000); (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2000).

O Seis Sigma, tornou-se assim uma abordagem conhecida em muitas organizações, utilizada para controlar a variabilidade, e reduzir o desperdício dos processos, através de técnicas avançadas e ferramentas estatísticas, através de uma metodologia disciplinada, com lógica, sequência, e estrutura para implementar projectos de melhoria (Martens, 2001).

Muitas empresas conhecidas foram adoptando o método Seis Sigma, como a 3M, a Ford, Honeywell, a American Express, ...

Segundo Aldred (1998), as principais organizações com um histórico na área da Qualidade que adoptaram o Seis Sigma, garantem que transformaram a sua organização para melhor. O Seis Sigma tornou-se muito atraente para os CEO e executivos, por se tratar de uma abordagem muito disciplinada, e com uma estrutura organizacional meso-paralela, que proporciona um bom retorno financeiro (Slater 1999).

O Seis Sigma ficou caracterizado por aliar os princípios da Gestão da Qualidade Total com métodos estatísticos e ferramentas da Qualidade. O objectivo do programa era o de reduzir o desperdício, tentando alcançar zero defeitos, e assim melhorar a “Qualidade” do produto final (Coronado & Antony, 2002).

O Seis Sigma tem sido caracterizado como a última moda de gestão (Clifford, 2001).

A Figura 2.1 mostra-nos a evolução cronológica do Seis Sigma segundo Eckes (2001).

Japoneses possuíam atitudes e abordagens em relação à Qualidade dos produtos. Henry Ford – Produção de automóveis em massa e de inspecção a 100% das características chave no final do processo.	Após a segunda Guerra Mundial o Fordismo estava no ápice.	William Levit e as residências populares para os veteranos que voltavam da guerra.	Queda da produtividade e lucros levou a uma revisão da filosofia de produtiva criada e implantada pelo fundador do império Fordista. Definição de Qualidade para os americanos começa a mudar.	Abordagem Japonesa leva os operários e a liderança a pensar em tornar o processo continuamente melhor por meio do estatístico W. Edwards Deming.			Galvin realiza o processo de divulgação do Seis Sigma por meio do sucesso alcançado na Motorola.	IBM adota Seis Sigma.	Outras empresas como a Texas Instruments adoptam Seis Sigma com igual sucesso	Asea, Brown Boveri (ABB) também adopta Seis Sigma	Kodak e outras grandes empresas adoptam Seis Sigma.	Jack Welch, presidente da GE, pede a Blossid o segredo do Seis Sigma	Whirlpool, PACCAR, Invensys, e Polaroid adoptam Seis Sigma.	Ford American Express, Dupont, LG, Sony, Samsung, Johnson & Johnson adoptam Seis Sigma.	
1930	1945	1950	1970	1980	1980	1987	1990	1990	1991	1993	1994	1995	1996-1998	1999-2001	2001-2005
Veículos com elevado consumo de combustível.		Pessoas mais tolerantes em relação à Qualidade.	Migração para veículos japoneses que ofereciam menor consumo de combustível, maior durabilidade e menor manutenção.	NBC-canal de televisão norte americano transmitiu o documentário intitulado "If Japan can, why can't we?"	Ferramentas de melhoria foram criadas, utilizadas no entanto ficam desiludidos pois esperam resultados imediatos.	Tais variações quando medidas estatisticamente, significam o desvio padrão da média, representada pela letra grega Sigma ( $\sigma$ ). A Motorola adopta como meta atingir o nível de 3,4 defeitos por milhão de oportunidade – Seis Sigma.						Após ouvir Blossid, Jack Welch apostou no sucesso do Seis Sigma deixando uma herança duradoura.		Jack Welch retira-se da GE em 2001.	Natura, Trane, Taurus, SKF, BASF S/A adoptam Seis Sigma.

Figura 2.1: Evolução cronológica do Seis Sigma segundo Eckes (2001)

## 2.5. Seis Sigma – A sua base de funcionamento

### 2.5.1. A Estrutura

Muito do que está a ser feito na metodologia Seis Sigma, não é inteiramente novo no que diz respeito a ferramentas de Qualidade, e princípios. No entanto a abordagem e estrutura são novos. A metodologia Seis Sigma, estrutura uma organização meso-paralela (Slater, 1999).

Estruturas paralelas, são criações extra, que funcionam fora do funcionamento normal da organização sem, o alterar (Lawler III, 1996).

Teoria Meso-Paralela diz respeito à integração de micro e macro níveis de análise. Os indivíduos e os grupos afectam as organizações, e as organizações, em troca, afectam os indivíduos e os grupos. Para evoluir nas organizações, os gerentes e os funcionários precisam de entender os vários níveis simultaneamente (Daft, 2001).

Schroeder e Al (2007), mostra na Figura 2.2 a forma como se organiza a estrutura meso-paralela.

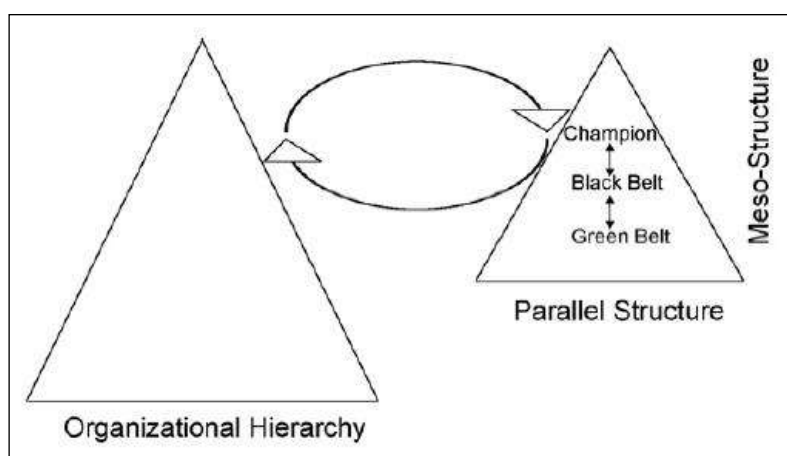


Figura 2.2: Estrutura Meso-Paralela de Seis Sigma (Schroeder, Linderman, Liedtke, & Choo, 2007)

Schroeder (2007) diz que esta estrutura assim organizada, tem como objectivo reduzir a variabilidade do processo em questão na organização, utilizando, especialistas focados na melhoria, um método estruturado, e uma performance com objectivos estratégicos bem definidos. Segundo o autor, este modo de funcionamento, não será adequado a qualquer empresa, mas poder-se-á considerar como um bom ponto de partida para qualquer pesquisa e implementação.

## 2.5.2. A Variabilidade

Mais eficiente do que simplesmente tentar eliminar os defeitos, é entender a variabilidade do processo. As organizações de sucesso entendem-no, e passam a controlá-la, com o objectivo de reduzir as falhas, pois esta atitude é muito mais eficiente do que simplesmente tentar eliminar os defeitos. Se o processo tiver uma variabilidade alta, o produto tem má Qualidade, com custos altos, e com uma entrega ao cliente que não o satisfaz (Rotondaro, 2002).

## 2.5.3. A Métrica

Quanto à forma de medir/avaliar o processo, Rudisill (2004), diz-nos que as duas métricas mais comuns são:

- DPMO

Defeitos Por Milhão de Oportunidades, e é calculado através da equação 1 representada abaixo:

$$DPMO = \frac{N^{\circ} \text{ de unidades defeituosas}}{N^{\circ} \text{ total de unidades produzidas} \times N^{\circ} \text{ Oportunidades}} \times 1.000.000 \quad (1)$$

- NÍVEL SIGMA

Número de desvio padrão sigma, entre a média do processo e o mais próximo dos limites de especificação, Tabela 2.4. Como já mencionáramos antes, quando falamos de Seis Sigma, referimo-nos a uma redução na variação do resultado entregue aos clientes a uma taxa de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades ou 99,99966% de perfeição.

Tabela 2.4: Relação entre nível Sigma, DPMO e Custos de baixa Qualidade

Nível Sigma	Defeitos por milhão de oportunidade (DPMO)	Custo da Baixa Qualidade sobre a % de vendas
6 $\sigma$	3,4	< 5
5 $\sigma$	233	5 a 10
4 $\sigma$	6.210	10 a 15
3 $\sigma$	66.807	15 a 20
2 $\sigma$	308.537	20 a 25
1 $\sigma$	691.462	> 25

Neste próximo quadro, Tabela 2.5, pretende-se dar um pequeno exemplo de uma comparação entre duas avaliações com níveis Sigma diferentes, neste caso entre resultados obtidos quando se trabalha no nível 4 Sigma, e no nível 6 Sigma.

Tabela 2.5: Comparação entre 4 Sigma e 6 Sigma. (Harry & Schroeder, 2000)

99,34% de produtos conformes <b>4 <math>\sigma</math></b>	→	99,99966% de produtos conformes <b>6 <math>\sigma</math></b>
20.000 Itens são perdidos nos correios por hora	→	7 Itens perdidos por hora nos correios
15 Minutos por dia de água não potável	→	1 Minuto de água não potável a cada sete meses
5.000 Cirurgias mal sucedidas numa semana	→	2 Cirurgias mal sucedidas por semana
2 Aterragens mal sucedidas por dia num aeroporto grande	→	1 Aterragem incorrecta a cada cinco anos num aeroporto grande
200.000 Receitas médicas incorrectas por ano	→	68 Receitas médicas incorrectas por ano
7 Horas de falta de energia eléctrica por mês	→	1 Hora de falta de energia eléctrica a cada 34 anos

#### 2.5.4. A Estatística

Resolver problemas de qualidade exige a recolha de dados, análise e implementação de melhorias.

Dados e informações devem ser acessíveis e compreensíveis para a equipa de gestão, para as equipas de melhoria de qualidade, e para todos os empregados.

As estatísticas são usadas para tornar os dados e informações compreensíveis à equipa de decisão da qualidade.

A análise estatística fornece técnicas e ferramentas para o estudo da variação, e os padrões de análise de amostras de dados, para estimar as características dos fenómenos (Moosa & SAJID, 2010).

Podemos considerar que a qualidade é tão boa quanto os dados e informações por detrás dela.

O nível de Qualidade Seis Sigma representa um desempenho de 99,99966% de conformidade ou 3,4 ppm de não conformidades. Segundo Mitchell (1992) um processo típico possui uma variação de  $\pm 3\sigma$  sobre a média, dessa forma a taxa de defeitos correspondente seria de 2.700 partes por milhão. Quando se define uma variação de  $\pm 6\sigma$  sobre a média, tem-se uma taxa de defeitos de no máximo 0,002 partes por milhão, conforme mostra a Figura 2.3.

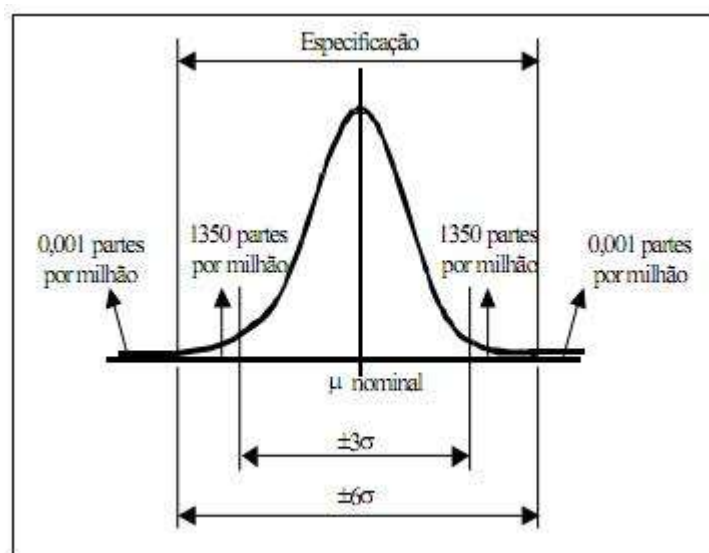


Figura 2.3: Distribuição com a média centrada na especificação nominal (Mitchell, 1992)

A abordagem para Qualidade Seis Sigma é apresentada fornecendo no máximo 3,4 partes por milhão de defeitos e não 0,002 por milhão, conforme o apresentado na Figura 2.3. Esta diferença ocorre devido, principalmente, às causas especiais de variação, tais como a instabilidade de materiais e componentes. Dessa forma é considerado um deslocamento inerente da média do processo de  $\pm 1,5\sigma$ . A Figura 2.4 representa esse desvio e compara ainda o desempenho de processos 3 e 6 Sigma.

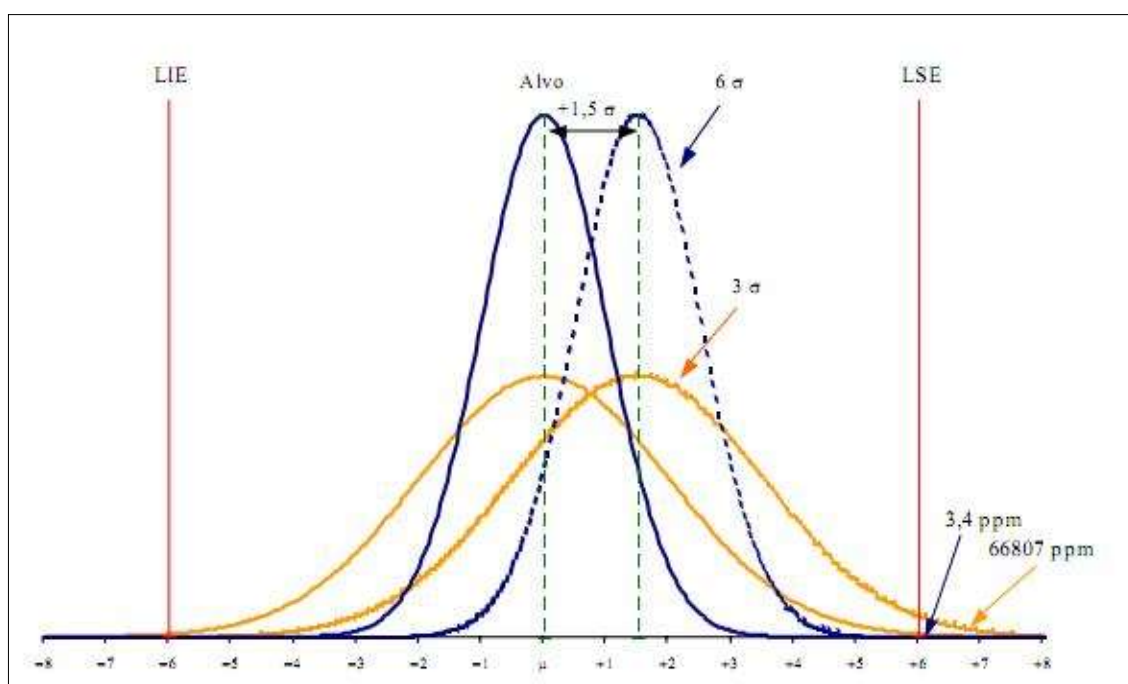


Figura 2.4: Distribuição Normal, diferença entre 3 e 6 Sigma (Man, 2002)

### 2.5.5. A Metodologia

Um aspecto fundamental da metodologia, é identificar as características críticas para a Qualidade - CTQ – *Critical To Quality* - vitais para a satisfação do cliente (Evans & Lindsay, 2005).

CTQ - características importantes para o cliente, o que o cliente procura, o que o faz ficar satisfeito, os pontos críticos, significa aquilo que realmente é Qualidade para o cliente.

A metodologia DMAIC, passou a ser a base operacional do Seis Sigma, sendo fundamental para o seu sucesso (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2000).

Estas cinco letras definem os seus alvos:

- D (Define - Definir) - deve-se seleccionar o projecto, identificar qual é o problema, definir os requisitos dos clientes, e estabelecer uma meta de melhoria;
- M (Measure - Medir) - medir o processo para verificar o desempenho. A medição é utilizada para validar o problema, aprimorar os objectivos, e estabelecer parâmetros para monitorizar os resultados;
- A (Analyze - Analisar) - analisar o processo, e determinar a(s) causa(s) raiz dos problemas e oportunidades de melhoria;
- I (Improve - Melhorar) - melhorar o processo, desenvolvendo um plano de acção, para eliminar, e prevenir, os defeitos/problemas, com base nas causas raiz identificadas na etapa anterior;
- C (Control - Controlo) - monitorizar e controlar o desempenho das melhorias elaboradas na etapa anterior, para mantê-las de acordo com o plano de acção, é a sua finalidade. O controlo é realizado por especialistas de categorias diferentes, cada um com a sua formação e especificidade, que irão constituir a equipa interveniente no projecto.

### 2.5.6. A Equipa

São eles assim denominados: -Champions; Master Black Belts; Black Belts e Green Belts.

- Champions - iniciam, suportam e fazem a revisão ,com o objectivo de melhorar os projectos chave;
- Master Black Belts - recebem um treino mais intensivo do que o dos Black Belts, e têm a responsabilidade de dar assistência à equipa, e são como instrutores (Slater, 1999);
- Black Belts - recebem um treino de quatro semanas, onde experienciam a melhoria de um processo. São considerados os líderes do projecto, e coordenam os Green Belts na resolução de problemas (Barney, 2002b); (Sinha e Van de Ven,2005);
- Green Belts - são todos os empregados envolvidos no projecto Sigma em questão, e têm normalmente duas semanas de treino.

Assim, o extenso treino de especialistas Seis Sigma, não só fornece aos membros da organização aptidões importantes, como também promove a socialização organizacional (Ashforth, 1997).

Schroeder ,Linderman ,Liedke e Choo (2007),reconhecem a importância de interligar vários níveis de uma organização, e de juntos, trabalharem para a melhoria dos projectos, bem como, que a escolha estratégica do projecto a melhorar ajudará a interligar os diferentes níveis da organização.

O quadro seguinte, Tabela 2.6, dá-nos uma ideia de como a equipa é constituída, quais os perfis, funções e treino dos seus especialistas.



Tabela 2.6: Descrição das responsabilidades dos elementos da equipa(Coronado & Antony, 2002)

	Green Belts	Black Belts	Champions
Perfil	Formação técnica. Respeitados na sua área de actuação. Conhecimento das ferramentas básicas e avançadas.	Formação superior. Respeitados na sua área de actuação e pela gerência. Mestre nas ferramentas básicas e avançadas.	Gerente sénior. Líder respeitado e cabeça de assuntos empresariais. Coordenador do programa Seis Sigma.
Papel	Conduzir grupos de melhorias de processos importantes. Treinar em ferramentas e análise. Ajudar os Black Belts. Dedicar meio período aos projectos de melhoria.	Conduzir estrategicamente processos de melhoria de alto impacto. É um agente de mudanças. Ensinar e estruturar equipas multifuncionais. Dedicar tempo integral aos projectos de melhoria.	Promover recursos e forte liderança aos projectos. Inspirar visão compartilhada. Estabelecer planos e criar infra-estrutura. Desenvolver indicadores.
Treino	Duas sessões de três dias e um mês para a aplicação de conceitos. Revisão do projecto de melhoria na segunda sessão.	Quatro sessões de uma semana e mais três semanas para a aplicação de conceitos. Revisão do projecto de melhoria nas sessões 2, 3 e 4.	Uma semana de treino Champion. Desenvolvimento e implementação do seis sigma.
Número	5% do total dos funcionários.	Entre 1% e 2% do total dos funcionários.	1 elemento por unidade de negócio.

### 2.5.7. Factores chave para a sua implementação

Anthony & Banuelas (2002) e Banuelas Coronado & Antony (2002), apresentaram uma lista de factores chave para a implementação com sucesso de um programa Seis Sigma:

- Compromisso e envolvimento da gestão de topo;
- Entendimento da metodologia Seis Sigma, e das suas ferramentas e técnicas;
- Interligar Seis Sigma com a estratégia de negócio;
- Interligar Seis Sigma com os clientes;
- Selecção do projecto;
- Infra-estrutura organizacional;
- Mudança cultural;
- Gestão de competências do projecto;
- Inter-ligar Seis Sigma com os fornecedores;
- Formação.

Outros autores, como Johnson e Swisher (2003), sugeriram alguns conselhos úteis para a implementação do Seis Sigma:

- Comprometimento da gestão de topo no projecto, sendo esse comprometimento visível;
- Formação profissional continuada dos gestores e participantes;
- Definir claramente as expectativas do projecto, assim como a escolha dos líderes;
- Seleccionar estrategicamente o projecto a desenvolver.

Schroeder (2007), também publicou algumas noções que considera essenciais para o sucesso da implementação do Seis Sigma:

- Estrutura meso-paralela - além do já atrás descrito, esta forma de estruturação ajuda a melhorar a organização, incorporando os níveis baixos e altos de decisão, fazendo com que as autoridades aprovem a integração de multi-níveis de estratégias e projectos.
- Estratégia de selecção de projectos - as organizações que trabalham com Seis Sigma desenvolvem mecanismos para melhor seleccionar os projectos Seis Sigma. Estes mecanismos, necessitam de uma gestão para filtrar quais dos projectos não devem ser utilizados num projecto Seis Sigma por questões estratégicas ou financeiras;
- Liderança – líderes devem ser envolvidos nos projectos Seis Sigma;
- Especialistas em melhoria - como já anteriormente descrito
- Estrutura da metodologia - já numa alínea anterior descrita.

### 2.5.8. Características críticas para a Qualidade

Segundo Carvalho (2002), para garantir que os recursos estão a ser bem utilizados nos programas Seis Sigma, devem ser identificados quais os defeitos que são críticos para a Qualidade (CTQ – *Critical to Quality*), uma vez que estes terão forte impacto no objectivo que se quer atingir.

Segundo Carvalho existem duas perguntas básicas que devem ser respondidas com o objectivo de ajudar a identificar as CTQ:

- O que é crítico para o mercado?
- Quais os processos críticos?

## 2.5.9. Benefícios

Segundo Einset (2002), foi estimado, que a média das indústrias opera a um nível de qualidade 3 Sigma, e que isso, tem um custo associado de aproximadamente 20 por cento da facturação da empresa.

Esses custos podem aparecer por desperdícios como: - inspecções, testes, perdas, má imagem da empresa, perda de clientes.

Com a abordagem Seis Sigma esses gastos são minimizados.

A estimativa dos analistas de mercado, é de que, num curto prazo de tempo, as indústrias que não estiverem com um nível de qualidade Seis Sigma, estarão sem competitividade. Ter um nível Seis Sigma, significa operar numa classe Mundial. A

Tabela 2.7 dá-nos uma ideia da relação benefícios e poupanças, usando o método Seis Sigma.

Tabela 2.7: Benefícios e poupanças através do método Seis Sigma. (Weiner, 2004); (Feo & Bar-El, 2002); (Antony & Banuelas, 2002); (Buss & Ivey, 2001); (McClusky, 2000)

Empresa/Projecto	Medição/ Métrica	Benefícios/lucros
Motorola (1992)	Nível de defeitos num processo.	Redução de 150 vezes.
Rathyon - sistema de integração de aeronave	Tempo de manutenção	Redução de 88% medido em dias.
GE - Negócios de leasing de vagões ferroviários.	Tempo de reparação	Redução de 62%
General Electric (GE)	Qualidade/ Produtividade	2Bilhoes \$ em 1999
Motorola (1999)	Financeiro	15 Bilhoes \$ em 11 anos
Quimicos Down - Entrega rodoviária	Financeiro	Poupança de 2,45milhões \$
DuPont - fábrica Yerkes em Nova York (2000)	Financeiro	Aumento de receita em 25milhões \$
Telefonica de Espanha (2001)	Financeiro	Aumento de receita em 30 milhões de euros nos primeiros 10 meses.
Texas Instruments	Financeiro	600\$milhões
Johnson and Johnson	Financeiro	500\$ milhões
Honeywell	Financeiro	1,2\$ Bilhões

Eckes (2001) diz que a metodologia Seis Sigma proporciona que sejam tomadas decisões baseadas em factos e não na intuição, pois as variáveis do processo são mapeadas e medidas. Outros benefícios do Seis Sigma são:

- Os processos são simplificados, é reduzido o número de passos e estes são tornados mais rápidos e eficientes;
- Os ciclos de processos são optimizados, são reduzidas as possibilidades de gerar defeitos e de oportunidade de errar;
- Aumenta o lucro e a produtividade com a diminuição de defeitos, falhas e erros.

A aplicação da metodologia Seis Sigma numa produção leva a uma diminuição dos custos relacionados com a Qualidade ou a falta dela. Segundo Juran (1951) os custos da não-Qualidade dividem-se em custos de falha interna e custos de falha externa:

Falha Interna: custos de produção defeituosa antes de chegar ao cliente:

- Desperdício: trabalho e materiais empregues na produção de produtos com defeito;
- Reelaboração: correcção de produção defeituosa;
- Teste: inspecção e teste de produtos que foram reelaborados;
- Paragem: tempo de paragem de equipamento não programada;
- Reciclagem: o que fazer a produtos com defeito.

Falha externa: clientes recebem produtos defeituosos. Este tipo de custos é difícil de quantificar e tende a ser subestimado:

- Reclamações: investigar e resolver queixas dos clientes;
- Devoluções: receber e substituir produtos defeituosos;
- Custos de garantia: manter e respeitar serviço de garantia;
- Perda de clientes.

## 2.5.10.0 seu sucesso

Segundo Werkema, o sucesso do Seis Sigma assenta em três pilares essenciais, como nos mostra a Figura 2.5.



Figura 2.5: Os três pilares do sucesso do Seis Sigma (Werkema, 2004)

Podemos verificar que esta metodologia assenta no pilar central, pilar do modelo DMAIC. No entanto, se não existir investimento financeiro apropriado (\$\$\$), ou o elevado envolvimento da gestão de topo, ou da alta administração da empresa (AAE), a estrutura acaba por ceder.

Segundo Wang (2008) o sucesso do Seis Sigma baseia-se em:

- Comprometimento e envolvimento da gestão de topo;
- Compreensão da metodologia Seis Sigma, ferramentas e técnicas;
- Vinculação do Seis Sigma com a estratégia de negócios;
- Vinculação do Seis Sigma com os clientes;
- Selecção do projecto, avaliação e controlo;
- Infra-estrutura organizacional;
- Mudança cultural;
- Competências da equipa gestora do projecto;
- Vinculação do Seis Sigma com os fornecedores;
- Formação.

Para Jack Welch, ex. CEO da GE, o sucesso da metodologia Seis Sigma baseia-se em 29 pontos críticos (Slater, 1999), (Welch, 2005):

1. Explorar o poder da mudança:

É essencial manter-se receptivo à mudança. Os líderes empresariais bem sucedidos necessitam de ser capazes de ler os sinais do ambiente empresarial em constante mudança. Resistir à mudança é fácil assim como presumir que a situação actual é satisfatória. Jack Welch considera que o estado actual da empresa pode sempre ser melhorado. “Tenha certeza de que os seus funcionários estão envolvidos na mudança. Diga aos seus colaboradores para considerarem a mudança como uma oportunidade e encare a mudança como um desafio que pode ser vencido com muito trabalho e inteligência.”

2. Encarar a realidade:

Quem verdadeiramente encara a realidade adapta as suas estratégias de negócios. Segundo Welch, encarar a realidade pode ser a coisa mais difícil que um líder empresarial tem de fazer.

3. Gerir menos é gerir melhor:

Gerir menos e ensinar os seus gerentes a gerir menos dando-lhes mais tempo para se dedicarem a assuntos mais importantes. Instalar confiança, segundo Welch a confiança é uma forma de obter sucesso nos negócios. Tratar os funcionários com respeito e animá-los para que se sintam mais confiantes na tomada de decisões. “Saia do caminho, os funcionários não precisam de constante supervisão. Deixe que cada um faça seu trabalho e ficará surpreso com os resultados.” Enfatize a importância de se ter novas ideias para o futuro do negócio.

4. Criar um ideal, depois sair do caminho:

Gerir uma empresa é simples, as complicações só surgem quando as pessoas não recebem as informações vitais.

Manter sempre estas cinco perguntas - chave em mente:

- Como é o seu ambiente competitivo global?
- O que os concorrentes fizeram nos últimos três anos?
- No mesmo período, o que fez com eles?
- De que forma os concorrentes o poderiam atacar no futuro?
- Quais os seus planos para passar à frente deles?

Gerir é determinar pessoas a recursos, designar as pessoas certas para a função certa, dê-lhes o que precisam e deixe o caminho livre. Os gerentes têm que ser abertos e precisam liderar com ideias e divulgá-las em alto e bom som.

5. Não perseguir uma ideia, em vez disso estabelecer algumas metas gerais como estratégia empresarial:

Não tente estabelecer um plano de batalha detalhado para cada situação, defina algumas metas gerais que se possam adaptar de acordo com a situação. Crie valores que sejam coerentes com o projecto da empresa, estes devem reflectir a visão, cultura e metas da empresa. Embora os valores básicos possam ser sempre os mesmos, as estratégias devem ser alteradas de acordo com o ambiente competitivo.

6. Incentivar os empregados que partilham dos valores da empresa:

Incentivar os funcionários que seguem os valores da empresa, mesmo que estes não apresentem os números esperados não devem ser demitidos. Dar mais responsabilidades aos funcionários fará com que tomem melhores decisões e vai aumentar a produtividade da organização. Eliminar os funcionários que não vivem os valores da empresa, mesmo que os seus números sejam bons, esta é uma das acções mais difíceis para um gerente fazer no entanto manter estes funcionários pode não prejudicar a empresa durante o tempo das “vacas gordas”, mas irá prejudicar nos tempos mais difíceis.

7. Analisar detalhadamente a empresa, definir aquilo que é necessário ser ajustado, o que precisa ser estimulado e o que precisa ser dispensado.

Estar atento a todos os factores determinantes do negócio. Fazer auditorias regulares. Possibilitar recursos para os empreendimentos líderes do mercado, cuidar das empresas em dificuldades e livrar-se das que não são competitivas. Não ter medo de contrariar o senso comum.

8. Ser o número um ou o número dois e redefinir sempre o mercado da empresa:

Desenvolva empresas líderes no mercado, as empresas número um e dois serão capazes de aguentar os tempos mais difíceis. Não cometa o erro de definir os mercados de forma limitada, acabando por ficar de fora de importantes segmentos de mercado.

9. Faça o *Downsizing* (eliminação da burocracia desnecessária) antes que seja tarde de mais.

Faça constantemente a revisão de despesas e do número de funcionário. Welch fez o *downsizing* quando a GE parecia estar saudável. Não parta do princípio de que tudo está bem apenas porque as coisas parecem bem. O *downsizing* pode evitar problemas muito maiores mais tarde.

10. Dispensar as aquisições para dar o grande salto.

É necessário não ter medo de tomar uma decisão ousada se ela for capaz de fazer a empresa avançar.

Agir com rapidez pode fazer a diferença entre o sucesso e o fracasso. Não tenha medo de interromper sua própria reunião da directoria se isso lhe parecer o correcto a fazer;

11. Cultura de aprendizagem 1: - promover a eliminação de barreiras e *Empowerment* (delegação de poderes de decisão, autonomia e participação dos funcionários na administração das empresas) para incentivar uma cultura de aprendizagem:

Certifique-se de que os seus funcionários sabem que devem procurar boas ideias no mundo exterior;

Certifique-se de que as melhores ideias sejam implementadas rapidamente;

Tenha atenção em criar mecanismos de partilha de ideias dentro da empresa, tal acontece na GE.

12. Cultura de aprendizagem 2: - introduzir as melhores ideias na empresa, independentemente de onde tenham vindo:

Considerar a busca de novas ideias uma prioridade de todos os funcionários. Promova regularmente reuniões de partilha de ideias, reúna os principais gerentes regularmente (anual/bianual). Certifique-se de que essas ideias se traduzam em acções.

13. Os grandes vencedores do século XXI serão globais:

É necessário desenvolver uma estratégia distinta para cada mercado internacional no entanto é necessário ter uma boa base no país de origem antes de avançar para o mercado internacional.

14. Reduzir os níveis hierárquicos, livre-se das gorduras:

Muitas organizações possuem excesso de níveis hierárquicos, investigue na sua empresa se as decisões têm sido tomadas com lentidão, livre-se das camadas que não fazem falta, se ninguém sabe qual a função de determinado gerente, então este pode não fazer falta.

15. Promover a produtividade seguindo os três segredos: - velocidade, simplicidade e autoconfiança:

Não parta do princípio de que o que funcionou no passado irá funcionar no futuro. Remova os obstáculos para gerar velocidade e autoconfiança. Os funcionários devem ter a noção de como o seu empenho permite a empresa ter sucesso.

16. Agir como uma pequena empresa:

Welch, removeu os níveis hierárquicos e os chefes de departamento que não faziam a diferença. Ele, gosta de comparar a pequena empresa à mercearia da esquina, pois todos os funcionários conhecem o cliente.

17. Eliminar barreiras;

18. Despertar a energia dos seus empregados:

Certifique-se de que os funcionários têm noção da importância da sua contribuição. Transforme os trabalhadores em donos pois os donos têm muito mais interesse nos seus negócios.

19. Estar atento e ouvir as pessoas que efectivamente realizam trabalho;

Permitir que os funcionários falem com liberdade, o sucesso depende da disposição dos funcionários de falar aberta e francamente sem medo de ser penalizado.

20. Colocar-se à disposição dos seus funcionários e responder a todas as perguntas que eles fizerem;

A coisa mais importante que um líder faz é incentivar a voz e a dignidade de cada pessoa, não espere por uma iniciativa que envolva toda a empresa para começar a tratar bem as pessoas.

21. Stretch: Esticar as metas sempre que possível;

Retire o máximo de cada funcionário. Os funcionários devem cumprir as metas traçadas, e ultrapassá-las, incute a ideia de que se devem superar, os próprios funcionários vão se surpreender.

22. Fazer da Qualidade a sua maior prioridade;

Aumentar a Qualidade irá aumentar a satisfação do cliente proporcionalmente.

23. Fazer da Qualidade a obrigação de cada funcionário;

Deve implementar um sistema contínuo de controlo para gerir os progressos do programa de Qualidade. É importante quantificar os resultados do Seis Sigma.

24. Ter a certeza de que todos sabem como funciona o Seis Sigma;

25. Certificar-se de que o cliente percebe a Qualidade;

Não é pelo facto de ter introduzido um programa Seis Sigma na empresa que o cliente vai perceber automaticamente, certifique-se de que os clientes estejam a ver os resultados do programa Seis Sigma.

26. Cultivar o seu sector de serviços, é o futuro;

Não considere os serviços como um mercado secundário. Deve estudar os seus produtos e saber se pode oferecer serviços associados a eles.

27. Transformar a sua empresa numa e-empresa;

Comece a pôr as funções e processos da sua empresa na Internet, as vantagens sobre a produtividade e a eficiência serão enormes.

28. Adaptar o seu modelo de negócios à internet, não necessita criar um novo modelo;

Adapte o seu modelo de negócios à internet, não tenha medo que o seu modelo empresarial não funcione na internet.

29. Utilizar o e-business para comunicar com funcionários e diminuir burocracia. Reinvente a empresa para que esta concorra na rapidez da internet.



### 2.5.11. Seis Sigma e TQM

O TQM (*Total Quality Management*), surgiu nos anos 80, em resposta à concorrência Japonesa, tendo atingido a popularidade máxima nos princípios dos anos 90.

O Seis Sigma é semelhante ao TQM no emprego de técnicas para a solução de problemas, e de métodos estatísticos, mas difere no modo de envolvimento dos empregados: - no TQM há o envolvimento de todos no conjunto da organização, no Seis Sigma há uma formação de especialistas empenhados na resolução de problemas importantes, actuando estes também como instrutores dos restantes empregados da organização.

Discriminar o Seis Sigma em relação ao TQM, é um assunto muito debatido.

Assim, uns argumentam que o Seis Sigma é a última versão do TQM, como McManus (1999), outros, que o Seis Sigma é algo de novo, como Pande, Neuman e Cavanagh (2000).

Muitos outros autores se têm debruçado sobre a análise de variadas características:

-os gestores de topo têm um papel essencial tanto no TQM como no Seis Sigma (Harry & Schroeder, 2000); (Kaynak, 2003). Uma das diferenças é o facto do Seis Sigma ter uma estrutura meso-paralela bem definida o que implica um maior envolvimento dos gestores de topo no projecto de melhoria em questão. O treino de Qualidade para TQM e Seis Sigma são muito diferentes, O treino do TQM é em geral para todos os empregados e tem a duração de uma semana (Saraph, Benson, & Schroeder, 1989).

O Seis Sigma requer retorno financeiro na maioria dos projectos e tem especialistas a trabalhar a tempo inteiro, o foco financeiro está ao nível do projecto ao contrário do TQM onde o foco financeiro está ao nível organizacional. O Seis Sigma reconhece que nem todos os projectos produzem resultados financeiros a curto prazo, e que projectos com valor puramente estratégico também podem ser efectuados (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2000).

No Seis Sigma, o grau de insistência em seguir o método estruturado, o treino intenso dos especialistas a tempo inteiro, e da plena integração de ferramentas estatísticas e não estatística são únicos (Snee & Hoerl, 2003). No passado, as equipas de melhoria de Qualidade eram formadas com um treino mínimo, uma semana ou menos, e iniciavam o processo de melhoria dando menos ênfase à utilização de dados e a um método mais bem estruturado (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2000).

O uso de métricas específicas também é novidade do Seis Sigma, assim como DPMO, características CTQ (Crítico para a Qualidade) –, ou nível Sigma. O efeito destas medidas destaca a importância da melhoria e incentiva metas mais difíceis mas possíveis de atingir, metas essas que proporcionam aos membros da equipa maior motivação para abrir horizontes (Breyfogle, 1999); (Hamel, 2000).

No passado as organizações tinham relutância em fazer um grande investimento e acabavam por escolher especialistas já sobrecarregados em part-time. Algumas organizações utilizavam especialistas a tempo inteiro no entanto estes tinham pouco ou nenhum treino (Harry & Schroeder, 2000).

Segundo Anbari (2002) o método Seis Sigma é mais abrangente do que outras iniciativas da Qualidade anteriores como o TQM. O método Seis Sigma inclui medições e relatórios com resultados financeiros, ferramentas avançadas de análise de dados e centra-se nas preocupações dos clientes, utiliza ferramentas e métodos de gestão de projectos.

Anbari (2002) vê o método Seis Sigma como:

$$\begin{aligned}\text{Seis Sigma} = & \text{TQM} + \text{Mais foco no cliente} \\ & + \text{Ferramentas de análises de dados adicionais} \\ & + \text{Ganhos financeiros} + \text{Gestão de projecto}\end{aligned}$$

### 2.5.12. Seis Sigma e ISO 9000

A sigla "ISO significa *International Organization for Standardization*, é uma organização não-governamental e foi fundada em 1947, em Genebra. Tem como função promover a normalização de produtos e serviços, para que a qualidade dos mesmos seja permanentemente melhorada. A versão da ISO 9000 de 2000 deu maior ênfase à melhoria contínua e foco no cliente utilizando para isso a ferramenta PDCA (Plan, Do, Check, Act, descrito mais à frente).

As Normas ISO: normas 9000, 9001 e 9004, Segundo (Pereira & Requeijo, 2008):

- A norma ISO 9000:2005 – compreende um conjunto de descrições dos fundamentos e nomenclaturas de um SGQ (Sistema de Gestão de Qualidade);
- A norma ISO 9001:2008 – descreve os requisitos de um SGQ necessários para que uma organização consiga colocar produtos e serviços no mercado capazes de satisfazer as necessidades dos clientes e as leis em vigor;
- A norma ISO 9004:2000 – para além do objectivo de satisfazer as necessidades dos clientes, tem também o intuito de melhorar o desempenho global da organização através do aumento da eficiência e eficácia da SGQ.

O Seis Sigma e as suas acções influenciam a satisfação do cliente, enquanto, todas as acções da ISO 9000, são direccionadas à Qualidade do produto que por sua vez atende aos requisitos e satisfaz o cliente.

Um projecto Seis Sigma começa por identificar quais as variáveis-chave com o objectivo de avaliar o desempenho do negócio, constrói um banco de dados histórico, com o objectivo de se ter informação suficiente para tomar decisões. As ISO 9000 mantêm um banco de dados, pois todos os processos são documentados, o objectivo é o de não repetir um mesmo erro.

A ISO 9000 tem uma visão geral do sistema da Qualidade, tenta tomar as decisões baseadas no que será mais proveitoso para o sistema e não para um processo em particular. Enquanto o Seis Sigma trabalha o processo como sendo o alvo principal, e mostra aos líderes que é uma vantagem competitiva a seguir

É importante para as empresas que, primeiramente identifiquem as suas actuais deficiências no SGQ (Sistema de Gestão da Qualidade), o reforcem, e o integrem correctamente com a metodologia Seis Sigma para garantir o sucesso de ambos (Moosa & SAJID, 2010).

Tabela 2.8: Comparação entre TQM, Seis Sigma e ISO 9000 (Rebelato & Oliveira, 2006)

	TQM	Seis Sigma	ISO 9000
Objectivos:	Melhoria contínua	Reduzir a variabilidade dos processos	Satisfazer as necessidades dos clientes
Foco:	Foco na satisfação do cliente interno e externo, compromisso da gestão, treino e educação do empregado.	Foco na prevenção de defeitos, na redução dos tempos de ciclo e na economia de custos.	Foco na gestão por processo e na satisfação dos clientes.

### 2.5.13. A Liderança

A capacidade que os líderes têm de participar e motivar a colaboração de toda a organização vai fazer a diferença entre um enorme esforço bem sucedido e um resultado medíocre que podem realizar pouco mais do que criar algumas etapas do processo novo.

Segundo os consultores da *Motorola University*, uma liderança Seis Sigma eficaz é composta por alguns componentes como:

- Paixão por entregar valor ao cliente;
- Foco na execução;
- Decisão baseada em factos;
- Ênfase nos indicadores de desempenho.

Muitas equipas de liderança utilizam a equação  $Y = f(x_1 + x_2 + x_3 + \dots)$ , para representar as suas necessidades de foco. Na Motorola, as equipas de liderança utilizavam a seguinte equação representada na Figura 2.6 (McCarty, Bremer, Daniels, & Gupta, 2004).

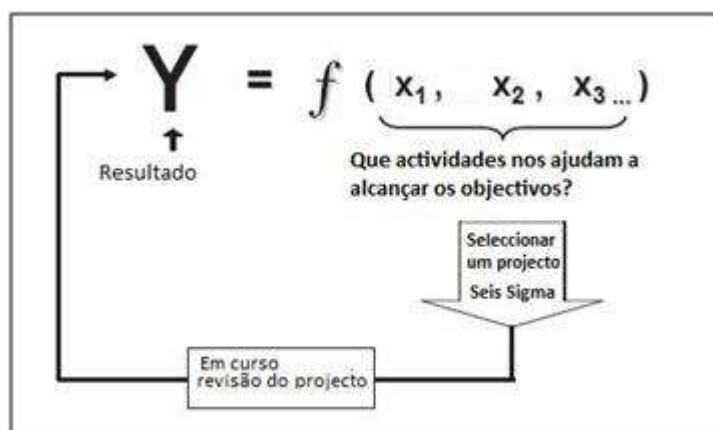


Figura 2.6: Equação Y (McCarty, Bremer, Daniels, & Gupta, 2004)

A metodologia Seis Sigma tem uma avaliação contínua e procura oportunidades de melhoria - princípio da melhoria contínua dos processos. A aplicação do Seis Sigma dura toda a vida da organização. A liderança implementa o programa Seis Sigma e avalia continuamente os seus processos e os seus resultados organizacionais.

Segundo McCarty et al. (2004) existem quatro fases de Liderança:

1. Alinhar a organização para os objectivos;
2. Mobilizar a organização comprometendo-se a alcançar os objectivos através do processo contínuo de melhoria Seis Sigma;
3. Acelerar o ritmo de mudança através de iniciativas Seis Sigma;
4. Governar a organização para a melhoria dos processos empresariais.

#### 1. Modo de Alinhar

A liderança foca-se em alinhar a organização com um conjunto claro de recursos e iniciativas que apoiam directamente os objectivos estratégicos. Uma variedade de actividades de gestão e ferramentas são aplicadas no modo de alinhar todos com o mesmo objectivo. Sem liderança, os grupos e indivíduos da organização tendem a ser puxados para dentro, em direcção a um foco sobre o desempenho do seu próprio trabalho e da sua própria visão das prioridades da organização. Grupos organizacionais e grupos individuais têm prioridades diferentes. Sem liderança, pode-se iniciar a sobreposição ou mesmo o aparecimento de projectos Seis Sigma contraditórios. É essencial que o projecto Seis Sigma seja orientado desde o início, seguindo a verdadeira visão da alta administração da organização. Neste modo a liderança também analisa e actualiza a missão geral da organização, renova estratégias e metas com foco no cliente. (Voz do Cliente - VOC). São estabelecidas métricas e metas de crescimento para as estratégias-chave da empresa.

#### 2. Modo de Mobilizar

A liderança concentra-se nas pessoas, e em obter o seu compromisso, e, selecciona o seu quadro inicial de líderes, conhecidos como Patrocinadores: Champions, Master Black Belts, Black

Belts e Green Belts. Estes elementos, juntamente com os proprietários do processo, iniciam formação. As equipas de projecto inicial são formadas e capacitadas para trabalhar como agentes de mudança dentro da organização utilizando a metodologia Seis Sigma e o método DMAIC.

Através deste grupo de líderes e agentes de mudança, a liderança começa a comunicar a sua visão focada no cliente, a estratégia Seis Sigma e as metas de crescimento da organização. A liderança esforça-se por alterar a cultura da organização e por quebrar as barreiras para a adopção do Seis Sigma.

A liderança deve estar entusiasmada e motivada para a mudança. Jack Welch, presidente e CEO da General Electric em 1997, disse: " Não se pode comportar de forma calma e racional. É necessário estar lá fora, na orla lunática".

### 3. Modo de Acelerar

A liderança foca a organização na acção como forma de obter resultados, auxilia as equipas de projecto e incentiva prazos agressivos. Os “Champions” fornecem orientação e treino e garantem que as equipas recebem treino adicional quando necessário, a fim de acelerar o progresso. Os resultados das equipas são divulgados ao resto da organização, com o intuito de incentivar e promover mudanças no futuro.

### 4. Modo de Governo

A liderança entra no Modo de Governo no momento em que começa o primeiro projecto Seis Sigma. A liderança garante que as equipas Seis Sigma bem como toda a organização permanecem empenhadas em apoiar os objectivos estratégicos e comunica claramente sobre o impacto estratégico de cada projecto Seis Sigma. Os “Champions” continuam a guiar e trabalhar com os proprietários do processo. Os elementos do projecto Seis Sigma implementam a metodologia DMAIC e informam regularmente o progresso aos “Champions”. São construídos painéis com o objectivo de mostrar as alterações de desempenho críticos para os processos alvo. A liderança controla o andamento dos projectos e os resultados no painel. Uma gestão atenta, e alerta é a chave para o sucesso dos projectos Seis Sigma.

## 2.5.14.0 Futuro do Seis Sigma

Segundo Johnson e Swisher (2003), o Seis Sigma continuará a ser considerado como uma das principais iniciativas utilizadas para melhorar a gestão dos processos.

As mudanças culturais, exigem tempo e dedicação antes de serem fortemente implementadas nas organizações. Os princípios e práticas do Seis Sigma, tendem a ser mais eficazes, e a ter mais sucesso, quando a cultura da organização tende a ser refinada e alterada de forma continua (Kwak & Anbari,2006).

## 2.6. Ciclo DMAIC

As duas metodologias mais utilizadas para a resolução de problemas nos programas de melhoria da Qualidade são o DMAIC e o PDCA. O ciclo PDCA é conhecido por ser utilizado para a manutenção, melhoria e inovação de produtos, serviços e processos. O ciclo DMAIC é uma metodologia mais utilizada em empresas que implementam o programa seis sigma com o objectivo de realizar melhorias, projectar produtos, serviços e processo (Aguar S. , 2002).

### PDCA

O ciclo PDCA - Plan – Do – Check – Act - Figura 2.7, foi idealizado na década de 20 por Walter A. Shewarth, em 1950 William E. Deming publicou e aplicou o método passando a ser conhecido por ciclo de Deming (Paladini, 2004). É um dos métodos mais populares entre as metodologias de melhoria, ciclo que permitiu mais tarde o aparecimento de novas metodologias mais evoluídas como o DMAIC (Rotondaro, 2002).

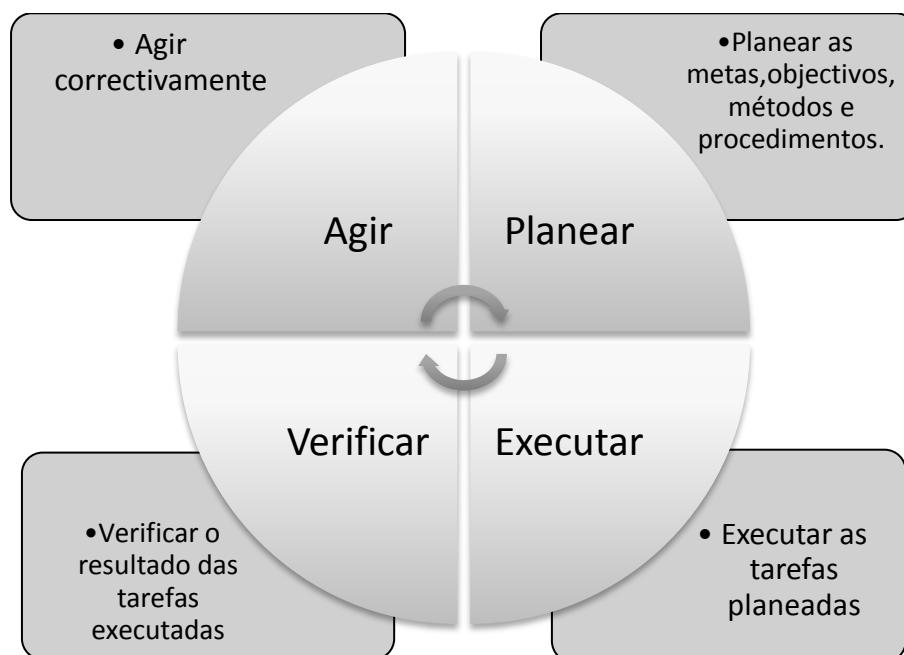


Figura 2.7: Ciclo PDCA (Shewhart, 1939); (Deming W. E., 1990).

- Plan – Planear: Estabelecer objectivos e procedimentos
- Do – Executar: Implementar o processo;
- Check – Verificar: Controlar, medir e avaliar os processos em questão;
- Act – Actuar: actuar de acordo com a avaliação, determinar novos planos de acção e implementar acções de melhoria.

## DMAIC

O Seis Sigma utiliza o método DMAIC, método para a melhoria de processos que veio substituir o ciclo PDCA, (Shewhart, 1931), (Shewhart, 1939).

O método MAIC (Medir, Analisar, Melhorar, Controlar) foi desenvolvido na Motorola como uma evolução do ciclo PDCA tendo sido mais tarde adoptado pela GE, General Electric, como DMAIC. A metodologia DMAIC passou a ser a base operacional do Seis Sigma, sendo fundamental para o sucesso que este alcançara (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2000).

Segundo Kwak (2006), DMAIC - Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar, como mostra a Figura 2.8, é um processo cíclico fechado que elimina as etapas não produtivas, foca-se em novas medições e aplica tecnologia para uma melhoria contínua.

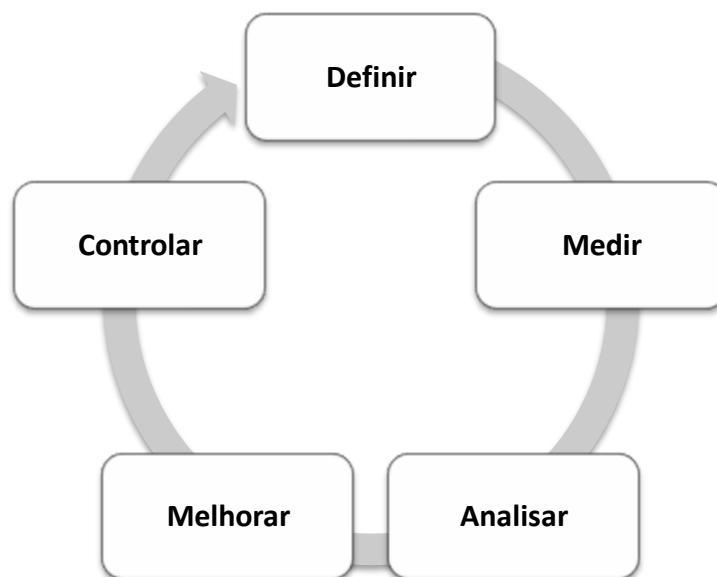


Figura 2.8: Ciclo DMAIC

Segundo Rotondaro (2002) Seis Sigma é uma metodologia rigorosa que utiliza ferramentas e métodos estatísticos para definir, medir, analisar, melhorar e controlar os processos ou produtos existentes, com a finalidade de alcançar etapas óptimas o que irá gerar um ciclo de melhoria contínuas. Segundo Pande et al (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2000). As semelhanças e diferenças entre o ciclo PDCA e o ciclo DMAIC são nos mostradas na Tabela 2.9.

Tabela 2.9:Relação entre PDCA, DMAIC e ferramentas da Qualidade (Aguilar, 2002)

P	Definição do problema	D	Folha de verificação	Recolher informações sobre a melhoria de forma a decidir se vale a pena investir.
			Gráfico sequencial	Verificar o comportamento de características de interesse ao longo do tempo, com o objectivo de obter conhecimento da sua forma de ocorrência.
			Histograma	Quantificar a variação e a centralização do processo a fim de obter conhecimento que permita avaliar a conveniência do alcance da meta.
	Análise do fenómeno	M	Gráfico de Controlo	Avaliar a estabilidade do processo. Identificar situações de anomalias na fabricação de produtos. Quantificar a variação do processo.
			Diagrama de pareto	Segmentar situações de interesse, obter conhecimento específico.
			Histograma	Quantificar a variação e a centralização do processo a fim de obter conhecimento que facilite a descoberta das causas do problema na análise do processo.
	Análise do processo	A	Diagrama Causa e efeito	Fornecer o relacionamento entre o problema a ser tratado e as suas causas.
			Brainstorming	Estimular o raciocínio com o objectivo de descobrir as causas.
			Técnica dos porquês	Estimular o raciocínio com o objectivo de descobrir as causas.
			Fluxograma	Dispor e documentar o funcionamento do processo relacionado com o problema a ser tratado.
			Diagrama de dispersão	Estabelecer uma estrutura lógica entre causas, efeitos e causas e efeitos.
			Gráfico de Controlo	Identificar e quantificar as principais fontes de variação do processo
	Estabelecimento do plano de acção	I	Diagrama de causa e efeito	Dispor o relacionamento entre as causas encontradas e as acções definidas.
			Brainstorming	Estimular o raciocínio das pessoas com o objectivo de formular o plano de acção.
			5W2H	Estruturar o planeamento da implantação das medidas (acções) a serem executadas.
D	Execução		Folha de verificação	Localizar defeitos, estratificação dos defeitos, características de Qualidade dos lotes amostrados.
			Fluxograma	Orientar na realização de operações padronizadas.
C	Verificar		Gráfico de controlo	Avaliar a estabilidade do processo, quantificar a variação, identificar a ocorrência de situação de produção anormal.
			Histograma	Mostrar a centralização e variação do processo a fim de verificar o alcance da melhoria.
A	Controlar	C	Fluxograma	Mostrar e documentar o funcionamento de um processo ou etapas de uma tarefa a fim de facilitar o entendimento do mesmo.
			Folha de verificação	Verificar o cumprimento dos procedimentos padrão.
			Gráfico de controlo	Padronizar a forma de detecção de ocorrências de anomalias e/ou melhorias no processo.



Segundo, (McCarty, Bremer, Daniels, & Gupta, 2004) existem várias perguntas associadas a cada fase do ciclo DMAIC a que devemos responder em cada fase.

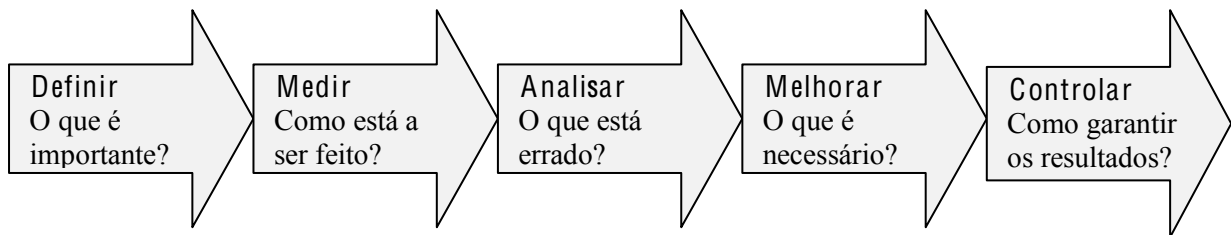


Figura 2.9: Perguntas associadas a cada fase do ciclo DMAIC (McCarty, Bremer, Daniels, & Gupta, 2004)

Vários autores foram definindo e esquematizando o método DMAIC.

Pyzdek (2000) descreve assim o modelo DMAIC:

- *Define* – Definir: Definição dos objectivos da actividade a melhorar. É a etapa do projecto onde o grupo tem que definir o motivo pelo qual o projecto deve ser levado adiante;
- *Measure* – Medir: Medição do sistema existente. Serve para dar a visão de como está o processo e indicar pontos de oportunidade de melhoria;
- *Analyse* – Analisar: Análise do sistema medido. É a etapa onde se analisa o processo actual com base nas medições realizadas;
- *Improve* – Melhorar: Melhoria do sistema. Diversas ferramentas são utilizadas nesta fase com a finalidade de aproveitar os pontos de oportunidade de melhoria detectados e assim, tornar o processo mais eficiente;
- *Control* – Controlar: Controlo do novo sistema, esta etapa permite que o DMAIC seja visto como um ciclo, o que torna possível a sua continuidade, uma vez que ao alcançar esta fase a melhoria do processo já está instalada.

Pande (2000) organiza como a tabela seguinte nos mostra:

Tabela 2.10: Ciclo DMAIC (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2000).

DMAIC	Melhoria do Processo	Projecto/Reprojecto de Processo
Definir	Identifique o problema Defina requisitos Estabeleça meta	Identifique problemas Defina objectivo/mude a visão Esclareça escopo e exigências do cliente
Medir	Valide problema/processo Redefina problema/objectivo Meça passos-chave/entradas	Meça desempenho segundo exigências Colete dados da eficiência do processo
Analisar	Desenvolva hipóteses Identifique as causas-raiz Valide hipóteses	Identifique melhores práticas Avalie projeto do processo Redefina exigências
Melhorar	Desenvolva soluções Teste soluções Padronize e meça resultados	Projecte um novo processo Implemente novo processo
Controlar	Estabeleça medidas-padrão Corrija quando necessário	Estabeleça medidas e revisões Corrija quando necessário

Antony (2006) esquematiza assim:

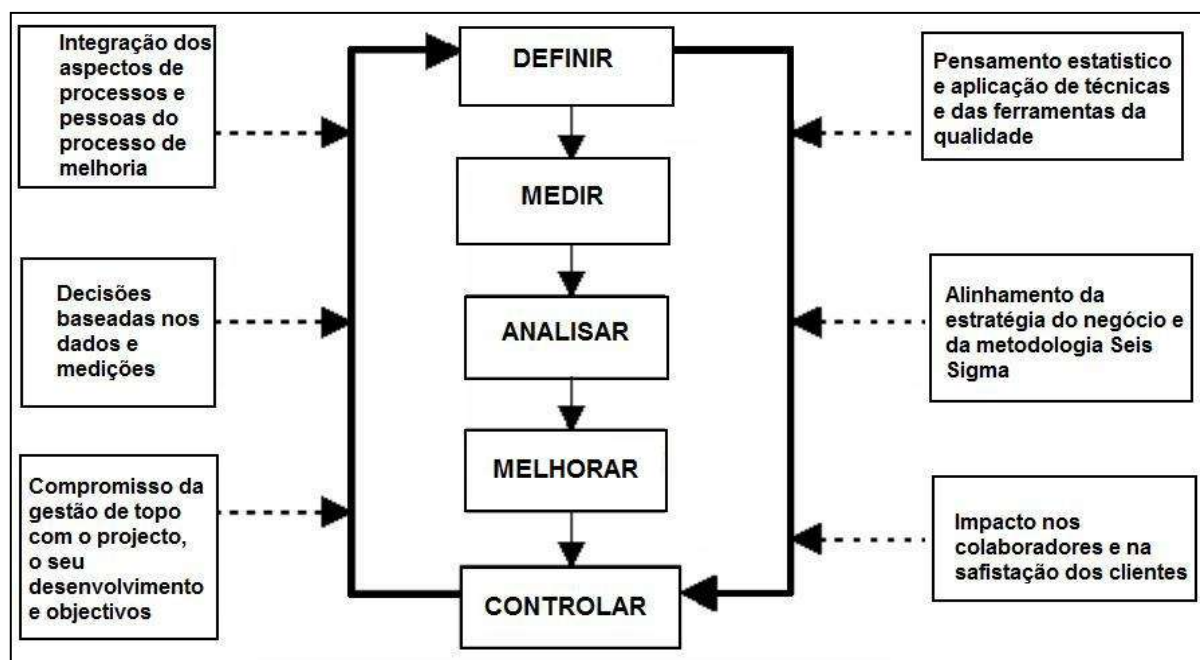


Figura 2.10: Método DMAIC (Antony, 2006)

Antony (2006) e Rotondaro (2002) definem as várias etapas do ciclo DMAIC com as acções que consideram ser necessárias em cada uma das fases.

Podemos ver a seguir, as várias definições de cada um para cada fase do ciclo DMAIC.

## D - FASE DEFINIR

### Segundo (Antony, 2006):

- Definir os principais stakeholders (todos os envolvidos no projecto);
- Mapear o processo de forma simples de modo a localizar o problema;
- Entender o problema na perspectiva do cliente, identificar os clientes internos e externos;
- Determinar os papéis e as responsabilidades dos elementos envolvidos no projecto, definir quais os recursos necessários, tempo limite, metas esperadas e escopo do projecto;
- Estabelecer as entradas, saídas e controles existentes no processo.

### Segundo (Rotondaro, 2002) na fase definir é necessário:

- ✓ Escolha da equipa qualificada para a aplicação das ferramentas Seis Sigma;
- ✓ Mapear os processos críticos com o objectivo de identificar os factores relacionados com as CTQ's do cliente,
- ✓ Definir quais são os requisitos do cliente e traduzir para Características Críticas para a Qualidade (CTQ), definir quais os processos chave envolvidos, interligar a visão do cliente com a visão da empresa;
- ✓ Apresentar o projecto aos executivos para avaliação;
- ✓ Realizar uma análise de retorno dos resultados que poderão ocorrer dos esforços de melhoria, relacionando os esforços com os custos referentes à má Qualidade.

## M - FASE MEDIR

### Segundo (Antony, 2006):

- Determinar qual a performance actual do processo (DPMO, capacidade, tempos de ciclo, etc);
- Verificar qual o desempenho do processo através de benchmarking (processo de melhoria);
- Definir o que medir (Características Críticas para Qualidade - CTQ) e como medir;
- Identificar os pontos fortes e as oportunidades de melhoria do processo.

### Segundo (Rotondaro, 2002):

- ✓ Desenhar o processo e os sub-processos envolvidos com o projecto, definindo as entradas e as saídas e estabelecer as relações  $Y = f(x)$ ;
- ✓ - Analisar o sistema de medição de modo a ajustá-lo às necessidades do processo. Recolher dados do processo por meio de um sistema que produza amostras representativas e aleatórias.

## A - Fase Analisar

### Segundo (Antony, 2006):

- Determinar quais as causas dos defeitos no processo;
- Entender a distribuição dos dados;
- Entender as causas da variabilidade do processo que levam aos defeitos;
- Determinar as variáveis-chave que podem estar ligadas as causas dos defeitos e quantificar as oportunidades de melhoria.

### Segundo (Rotondaro, 2002):

Os dados recolhidos na “fase Medir” devem ser analisados estatisticamente para que seja possível determinar as causas raízes dos problemas. As causas (entradas do processo- X’s) que influenciam o processo devem ser determinadas. Deve ser calculada a capacidade Sigma actual do processo e devem ser estabelecidos objectivos de melhoria.

## I - Fase Melhorar

### Segundo (Antony, 2006):

- Desenvolver potenciais soluções para evitar novas ocorrências;
- Avaliar o impacto de cada solução proposta, não esquecendo a satisfação do cliente;
- Verificar eventuais riscos das soluções propostas;
- Validar as melhorias através de estudos;
- Voltar a avaliar o impacto das soluções propostas;

### Segundo (Rotondaro, 2002):

É a fase mais crítica de todo o processo, pois é nesta fase que se implementam as melhorias propostas. Actua-se sobre as causas-raiz. São testadas soluções com o objectivo de avaliar os resultados e assim chegar a uma solução.

## C - Fase de Controlo:

### Segundo (Antony, 2006):

- Desenvolver acções correctivas para sustentar as melhorias alcançadas;
- Implementar controlos de processo com indicadores e determinar as novas capacidades;
- Desenvolver novos procedimentos e documentá-los para garantir resultados a longo prazo;
- Verificar os benefícios a nível de custo;
- Definir qual o gestor do processo e definir seu papel;

- Terminar o projecto, finalizar a documentação, compartilhar a experiência obtida e reconhecer a contribuição da equipe do projecto.

Segundo (Rotondaro, 2002):

Nesta etapa os novos procedimentos são implementadas no processo, estes têm que ser validados e controlados através de um sistema de medição e controle capaz de garantir a manutenção da capacidade do processo. As entradas críticas do processo (X's críticos) têm de ser controladas.

## 2.7. Ferramentas

São técnicas utilizadas com o objectivo de identificar, medir, analisar e propor soluções num processo. As dez técnicas e ferramentas mais utilizadas pelas empresas quando utilizam o método DMAIC no Programa Seis Sigma são: recolha de dados, histograma, diagrama de Pareto, *brainstorming*, carta de controlo, índices de capacidade, fluxograma, mapa de processo, avaliação do sistema de medição e CEP. Oito destas técnicas e ferramentas mais utilizadas no DMAIC estão na etapa "Medir", pois é nesta fase que são medidos os desempenhos dos processos (Breyfogle, M., & Meadows, 2001); (Mcadam & Lafferty, 2004).

Tabela 2.11: Relação entre as fases DMAIC e ferramentas (Hagemeyer, Gershenson, & Johnson, 2006)

	Definir	Medir	Analisar	Melhorar	Controlar
Análise de regressão			X		
Análise de Stakeholder	X			X	
Benchmarking			X		
Brainstorming			X	X	
Cartas de Controlo		X	X	X	X
Plano de negócios	X				
Consenso				X	
Controlo Estatístico de Processo				X	X
CTQ (Árvore crítica da Qualidade)	X				
Diagrama de afinidades	X		X		
Diagrama de Causa-efeito			X		
Diagrama de pareto		X	X	X	
Estratificação		X	X	X	X
Ferramentas de planeamento				X	
fluxograma	X	X	X	X	X
FMEA		X		X	X
Folha de verificação				X	X
Estudos de R&R		X			
Gráficos de controlo de processo					X
Gráfico de frequência		X	X	X	X
Gráfico de prioridades		X		X	
Gráfico de dispersão			X		
Índice de capacidade		X		X	
Modelo de Kano		X			
Planeamento de experimentos			X	X	X
Plano de controle				X	X
Poka Yoke				X	X
Procedimento operacional padrão					X
Simulação				X	X
SIPOC	X				
Técnica de recolha de dados		X	X	X	X
Técnicas de amostragem		X	X	X	X
Séries temporais		X			
Teste de hipóteses			X		
Voz do cliente (VOC)	X				

### 2.7.1. 5 Whys 2H's ou os cinco porquês

Um bom Plano de acção deve deixar claro tudo o que vai ser feito (*What?*) e quando (*When?*) vai ser feito, deve esclarecer quem será o responsável por cada acção (*Who?*). Para evitar possíveis dúvidas, deve ainda esclarecer-se, o porquê (*Why?*) da realização de cada acção, assim como (*How?*) deverão ser feitas, onde (*Where?*) serão feitas e qual o valor (*How much?*) do projecto.

No caso de estudo realizado não foi contabilizado o valor total do projecto, pelo que foi considerado 5W e 1H. Exemplo na Tabela 4.11 do capítulo 4.

- O que fazer? (*What?*)
- Quem vai realizar cada tarefa? (*Who?*)
- Porquê? (*Why?*)
- Onde? (*Where?*)
- Quando realizar? (*When?*)
- Como? (*How?*)
- Quanto? (*How much?*)

### 2.7.2. Brainstorming

É uma técnica utilizada com o objectivo de gerar ideias com o objectivo de solucionar um problema. Esta técnica é utilizada por um grupo de pessoas, por exemplo numa reunião, e tem como finalidade gerar o maior número de ideias/soluções no menor tempo.

*Brainstorming* é uma das ferramentas mais conhecidas e utilizadas. Existem regras tais como:

- O tópico da sessão de Brainstorming deve estar bem definido;
- Todos os indivíduos devem participar com sugestões e pensamentos sem que sejam interrompidos;
- As sugestões devem ser breves com o objectivo de manter o ritmo da reunião;
- O objectivo principal é gerar uma grande quantidade de ideias;
- É estimulado um ambiente de criatividade e inovação.

### 2.7.3. Cartas de controlo

Foram desenvolvidas por Dr. Walter Shewhart nos anos 20. São ferramentas de controlo são ferramentas que revelam o desempenho do processo, são utilizadas no controlo de processos, revelam-nos se há ou não necessidade de proceder a acções correctivas.

As cartas de controlo podem ser de dois tipos:

- Carta de Controlo de Atributos;
- Cartas de Controlo de Variáveis.

As cartas de Atributos são caracterizadas como conformes ou como não conformes, ou é certo ou é errado. As cartas de Controlo Variáveis caracterizam-se por serem expressas numa escala contínua. (ex: dimensões e peso). A Tabela 2.12 mostra-nos os vários tipos de Cartas de Controlo.

Tabela 2.12: Tipos de Cartas de Controlo.

Variáveis	Atributos
Média e Amplitude Carta $\bar{X}$ e Carta R	Proporção de unidades não conformes Carta p
Média e Desvio Padrão Carta $\bar{X}$ e Carta S	Número de unidades não conformes Carta np
Média e Variância Carta $\bar{X}$ e Carta $S^2$	Número de defeitos Carta c
Mediana e Amplitude Carta $\tilde{X}$ e Carta R	Número de defeitos por unidade Carta u
Obs. Individuais e Amplitudes Móveis Carta X e Carta MR	

As cartas p são muito utilizadas nas fábricas onde as peças produzidas são inspeccionadas e julgadas como conforme ou não conforme. Estas cartas utilizam a proporção de itens defeituosos produzidos, foram as utilizadas no caso de estudo, pois é utilizado o mesmo método de inspeção.

Calcula-se com base nas seguintes equações: 2, 3 e 4 onde p é a percentagem e n é o número de amostra (Werkema, 1995).

$$LSC = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} \quad (2)$$

$$LC = \bar{p} \quad (3)$$

$$LSC = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} \quad (4)$$

Onde:

LSC – Limite superior de controlo; LC – Linha central, média; LIC – Limite inferior de controlo.



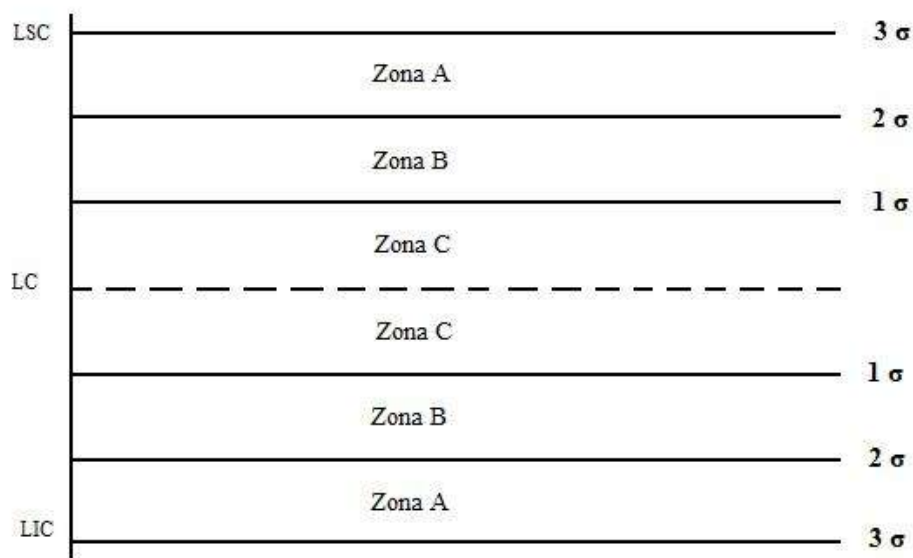


Figura 2.11: Esquema das Cartas de Controle

A Figura 2.11 mostra-nos um esquema das cartas de controlo com o objectivo de melhor entendermos as regras descritas abaixo.

Um processo encontra-se fora de controlo estatístico quando se verifica uma das seguintes regras:

1. Um ponto fora dos limites de controlo;
2. Nove pontos seguidos do mesmo lado da linha central;
3. Seis pontos seguidos em sentido ascendente ou descendente;
4. Catorze pontos no sentido crescente ou decrescente alternadamente;
5. Dois de três pontos consecutivos na zona A, do mesmo lado da linha central;
6. Quatro de cinco pontos consecutivos na zona B ou A, do mesmo lado da linha central;
7. Quinze pontos consecutivos na zona C;
8. Oito pontos de ambos os lados da linha central, nenhum ponto na zona C.

As causas de variação do processo podem ser:

- Causas Comuns: São variações que afectam um processo que está sob controlo estatístico. Estas causas são aleatórias, o conjunto segue um padrão embora alguns valores individuais não o façam; (Existem 8 regras para detecção de causas especiais)
- Causas Especiais: São causas esporádicas que provocam variações muito superiores às provocadas pelas causas comuns. Um processo que contém causas especiais está fora de controlo estatístico.

#### 2.7.4. Diagrama de Pareto

É um gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências da maior para a menor. É ainda constituído por uma curva de percentagens acumuladas que permite a visualização e identificação dos principais problemas, o que permite separar os principais problemas dos restantes.

Deve ser utilizado quando é necessário priorizar e analisar as causas-raiz de um determinado problema. O diagrama diz-nos que 80% das falhas de um processo são causados por 20% das causas identificadas. É possível ver um exemplo na Figura 4.11, no capítulo 4.

#### 2.7.5. Diagrama SIPOC

O SIPOC, Suppliers – Inputs – Process – Outputs – Costumers, é um mapa que relaciona o fornecedor ao início do processo e o cliente à saída.

A ferramenta permite visualizar as relações dentro do processo.

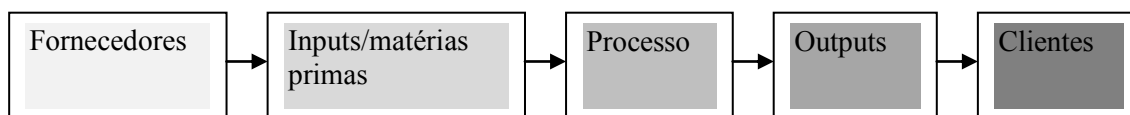


Figura2.12: Diagrama de SIPOC

- Supplier – Fornecedor: Aquele que fornece entradas (inputs) ao processo;
- Inputs – Entradas: Representadas por matéria-prima, informação, energia que são necessárias para a realização das actividades;
- Process - Etapas do processo: Engloba as actividades de transformação do processo em estudo, e que devem ser expressos por um verbo de acção e por um objecto;
- Outputs - Saídas: resultados das transformações realizadas;
- Customer - Clientes: Aquilo que é crítico para o cliente (interno ou externo).

Segundo Pande et al (2000) pode ser uma grande ajuda para fazer com que as pessoas vejam os negócios por uma perspectiva de processo. O diagrama é uma das técnicas mais úteis e utilizadas na gestão de melhoria do processo.

### 2.7.6. Diagrama de afinidades

O diagrama de afinidades é uma ferramenta que tem como principal objectivo agrupar ideias e opiniões de acordo com as suas semelhanças com a ajuda de *Brainstorming*. Utiliza a afinidade entre dados verbais para de uma forma sistemática ajudar a entender a estrutura de um problema.

- Ajudam a entender e interligar ideias confusas;
- Ajudam a definir a natureza de um problema e a revelar problemas escondidos;
- Mostra qual a direcção deve ser seguida na resolução de problemas.

### 2.7.7. Diagrama de Causa e Efeito

Representa as possíveis causas que levam, ou podem levar, a um determinado defeito. Também é designado por Diagrama de Espinha de Peixe ou Diagrama de Ishikawa, o nome deve-se a Kaoru Ishikawa que criou a ferramenta em 1943.

Baseia-se no facto de que qualquer processo pode ser dividido em várias causas possíveis poderem ter impacto no resultado final.

Geralmente são considerados seis causas de problemas chamados de 6M's, Meio ambiente, Máquina, Mão-de-obra, Matérias-primas, Método, Medição (Ishikawa, 1993) conforme mostra a Figura 2.13.

A falha é representada por “Y” e os 6M's são as várias causas ou x's que levam ao aparecimento do “Y”.

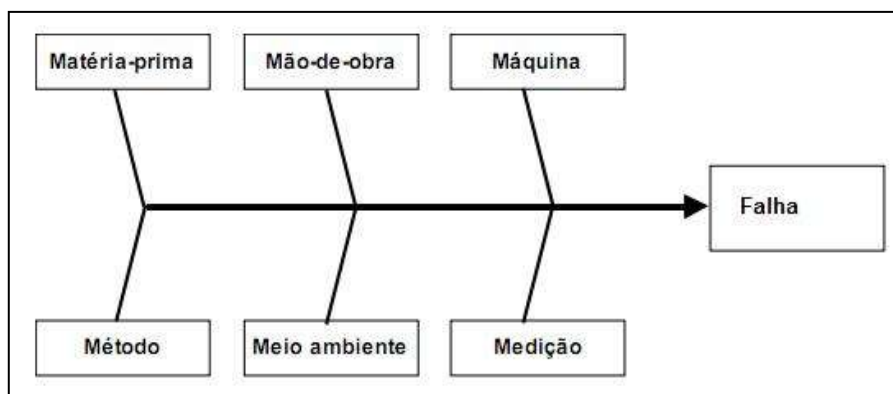


Figura 2.13: Exemplo de Diagrama de Ishikawa

### 2.7.8. Fluxograma

É um diagrama que contém uma representação esquemática de um processo, Figura 2.14.

Segundo Carvalho (2002) o fluxograma é utilizado para representar de forma esquemática o processo para que este possa ser otimizado. Permite a identificação dos elementos básicos do processo.

Permite visualizar as etapas de um determinado processo até ao produto final. Mostra as várias etapas, entradas e saídas. É útil para a organização pois só é possível melhorar um processo depois de o conhecer bem.

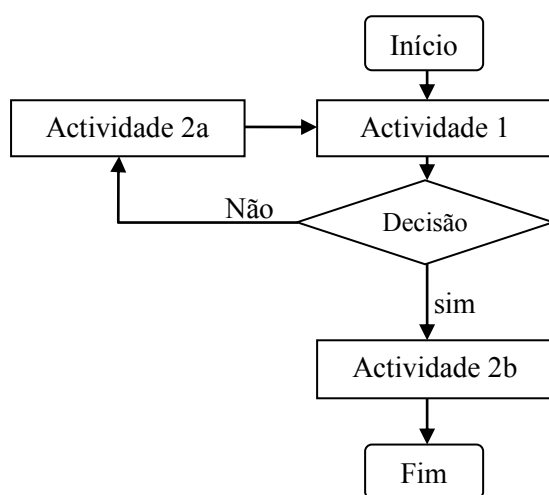


Figura 2.14: Exemplo de um fluxograma

### 2.7.9. Histograma

É um gráfico que representa a distribuição de frequências de um conjunto de medições. É composta por rectângulos justapostos, a base de cada rectângulo corresponde ao intervalo da classe e a altura representa a frequência. Exemplo na Figura 4.5 do capítulo 4.

## 2.7.10. Mapeamento de processo

### Processo

Segundo Campos (1992) processo é um conjunto de causas (máquina, matérias primas,...) que provoca um ou mais efeitos (produtos) como mostra a Figura 2.15.

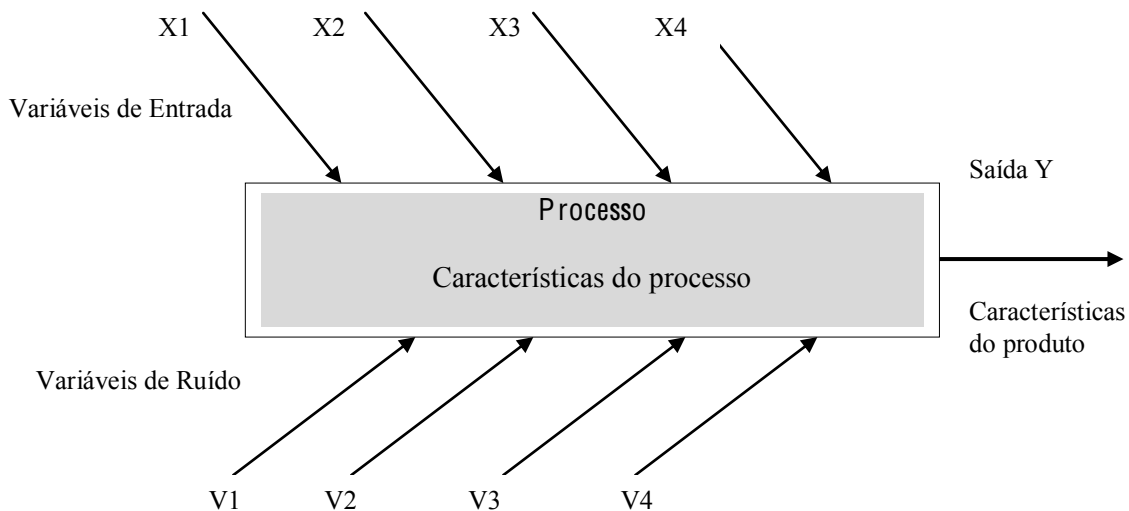


Figura 2.15: Processo

Segundo Cruz (2002) processo é a forma pela qual um conjunto de actividades cria ou transforma entradas agregando-lhes valor, com a finalidade de produzir bens ou serviços com Qualidade, para serem entregues ao cliente (saídas), sejam eles internos ou externos.

O controlo de processo é a essência da gestão da Qualidade total, abrangendo todos os níveis hierárquicos (Campos, 1992).

O controlo permanente dos processos é condição básica para a manutenção da Qualidade de bens e serviços (Costa, Epprecht, & Carpinetti, 2003).

### Mapeamento do processo

A ferramenta dá-nos a conhecer detalhadamente as tarefas realizadas por todos os sectores, bem como entradas, fornecedores, saídas, clientes, pontos críticos e todas as informações necessárias à melhoria da Qualidade.

Segundo Rotondaro et al. (2002) o facto de as empresas serem estruturadas por funções ou departamentos diferentes mas com objectivos comuns, que produzirem bens através de processos interligados pode gerar conflitos que muitas vezes levam ao insucesso.

Pode ser visto um exemplo de mapeamento de processo na Figura 4.10 no capítulo 4.

### 2.7.11. Matriz de prioridades

Tal como o próprio nome indica, esta matriz, ajuda-nos a priorizar as alternativas para determinado projecto. É útil quando a equipa tem muitas ideias e precisa saber onde agir.

O problema prioritário é avaliado com os valores de 5 a 10, e as causas especiais são avaliadas com os valores de 0;1;3 e 5. A 2.13 permite-nos entender o funcionamento da matriz de prioridades.

2.13: Exemplo explicativo de uma matriz de prioridades

		Problema prioritário		TOTAL
		Problema X	Problema Y	
Peso (5 a 10)		10	8	
Causas potencial	Causa A	5	3	<b><math>5 \times 10 + 3 \times 8 = 74</math></b>
	Causa B	0	3	<b><math>0 \times 10 + 3 \times 8 = 24</math></b>

Legenda:

5 – Correlação forte; 3 – Correlação moderada; 1 – Correlação fraca; 0 – Sem correlação.

No exemplo acima, sabemos que a causa A é a causa do nosso problema.

### 2.7.12. Project Charter

O documento chave que define o escopo e proposta de cada projecto. É utilizado para definir de forma clara os objectivos e que haja uma total compreensão entre todos os membros. Inclui a meta, objectivos, escopo do projecto, cronograma e a constituição da equipa.

## Capítulo 3 – APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

---

A Logoplaste é uma empresa industrial que produz embalagens plásticas para empresas dos sectores de alimentação, bebidas, higiene, óleos e lubrificantes.

Foi fundada em 1976 e actualmente tem mais de 60 fábricas e mais de 350 máquinas, em 18 países: Angola, Áustria, Brasil, Bélgica, Canadá, EUA, Espanha, França, Holanda, Irlanda, Itália, Malásia, México, Portugal, República Checa, Reino Unido, Rússia e Ucrânia tal como mostra a Figura 3.1.



Figura 3.1: localização das fábricas da Logoplaste (Retirado de: [www.logoplaste.com](http://www.logoplaste.com))

Tem uma estratégia “*hall in the wall*”, ou seja, as fábricas são integradas na infra-estrutura do cliente e tem uma entrega dos produtos à medida das necessidades do cliente, “*just-in-time*”. A compra de matérias-primas é feita, ou, pela Logoplaste, ou, pelo cliente, e efectuadas em grandes quantidades, tendo em conta as várias fábricas, o que facilita na negociação de preços e dificulta quando aparecem problemas com os fornecedores, e surge a ideia de os alterar. A gestão da produção bem como dos trabalhadores é feita pela Logoplaste, assim como o investimento em maquinaria. É criado de início uma parceria de longo prazo com o cliente.

As últimas tecnologias em moldagem por injeção, estiragem-sopro e extrusão-sopro, são utilizadas na produção de embalagens para um vasto leque de segmentos de mercado.

Pilares estratégicos da empresa:

- O facto de ser uma empresa global;
- Focar nos líderes de mercado;
- Inovar e investir em tecnologia;
- Investir no crescimento dos colaboradores.

Factores de diferenciação da Logoplaste:

- Inovação do produto e design;

- Maior rapidez na colocação do produto no mercado – “*Time to market*”, Tempo de lançamento de um produto, desde o desenvolvimento do Conceito à disponibilidade para venda.
- Redução da mobilização do capital e incremento da taxa de retorno de investimento (ROI);
- Tem origem num negócio familiar;
- Estratégia “*hall-in-the-wall*”, a fábrica é instalada nas instalações do cliente.

Cinco pontos-chave da empresa:

- Foco: uma fábrica, um parceiro, isto é “*hall-in-the-wall*”;
- Serviço: Inovação, Qualidade e Desempenho através de tecnologia de topo;
- Próximo do cliente: gestão local multidisciplinar, com apoio de funções centrais;
- Investimento: um compromisso total na instalação de maquinaria especializada, equipamento fabril e toda a estrutura de suporte;
- Perspectiva “*Win-Win*”: Criar um relacionamento transparente que crie oportunidades de carreira e crescimento em conjunto com os parceiros da empresa, optimização e desenvolvimento da empresa e dos seus fornecedores.

### 3.1. Fábrica Logoplaste Santa Iria

Localizada em Santa Iria da Azóia, concelho de Loures, a fábrica encontra-se nas instalações da Unilever Jerónimo Martins - produtos alimentares, S.A., reunindo um conjunto de aproximadamente 45 empregados distribuídos em diferentes funções como descrito no organigrama abaixo (Figura 3.2).

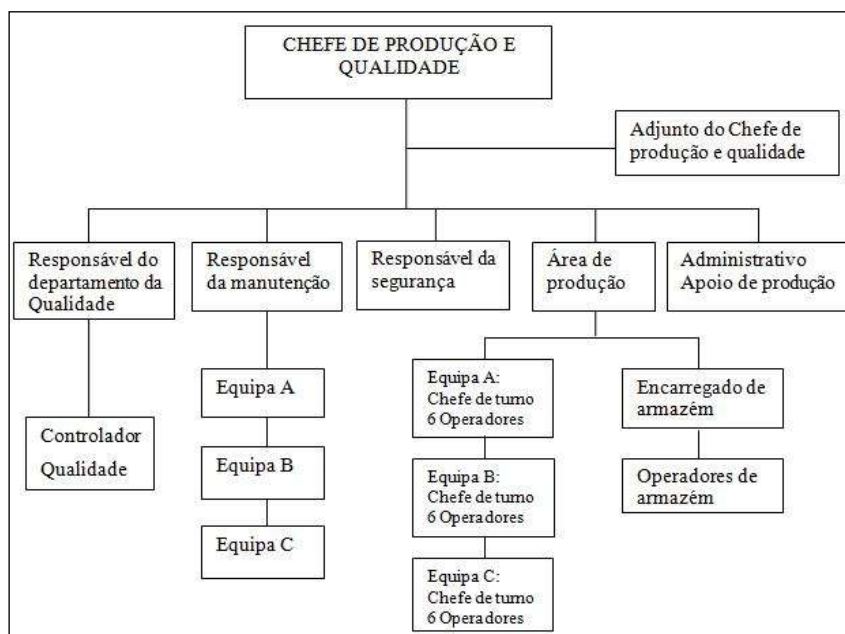


Figura 3.2: Organigrama da fábrica



Foi criada em Março de 1993 e é responsável pela produção de embalagens de cremes vegetais para barrar/cozinhar, e embalagens de preparados para a obtenção de sopas e/ou caldas para três grandes clientes. A fábrica Logoplaste Santa Iria é uma entidade juridicamente independente, que produz na totalidade as embalagens necessárias aos parceiros com uma Qualidade assegurada pelo plano de inspecção acordado e uma gestão de stock “*just in time*”, através deste método o produto, ou matéria-prima, chega ao local de utilização no momento exacto em que é necessário. A Figura 3.3 permite-nos visualizar a sala de produção da fábrica.



Figura 3.3: Fábrica da Logoplaste Santa Iria

#### Política de Qualidade da empresa, e da fábrica

Esta é a única do grupo Logoplaste em Portugal que tem um departamento de Qualidade incorporado, por ter uma dimensão que o justifique, embora também tenha o apoio da sede.

As restantes fábricas são apenas assistidas pela sede da empresa, sede essa, que se encontra localizada em Cascais.

Satisfazer as expectativas dos parceiros e das unidades de produção da Logoplaste através de um controlo rigoroso da conformidade dos produtos, assegurando a sua Qualidade ao longo de toda a cadeia de valor, e melhorando continuamente, de forma a atingir o sucesso de ambas as organizações, é o seu objectivo.

### 3.2. Processo de moldagem por injeção

O processo de moldagem por injeção consiste na passagem forçada de material plástico que é fundido através de um mecanismo num parafuso móvel e é injectado para o interior da cavidade de um molde. É um processo complexo onde há um elevado número de variáveis a serem controladas de modo a que a peça final obtida tenha a Qualidade desejada.

Existem vários parâmetros de injeção que devem ser controlados ao longo da produção, sendo os quatro principais:

1. Temperatura;
2. Pressão;
3. Tempo de Ciclo;
4. Velocidade.

A Figura 3.4 nos ajuda a visualizar o seu conceito, e funcionamento.

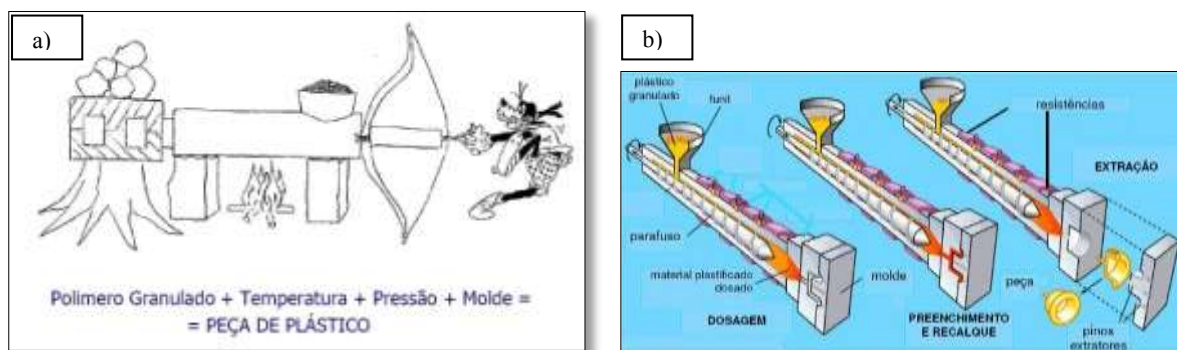


Figura 3.4: Processo de moldagem por injeção. a) Conceito; b) Esquema

#### Injeção IML

Na Logoplaste Santa Iria o processo de moldagem utilizado, é o de injeção IML (IML - *in mould labelling*, ou, etiquetagem no molde. Em Portugal é a única que utiliza este processo, que consiste em colocar a etiqueta na cavidade do molde com a ajuda de robots, para que esta fique unida de forma permanente e homogénea quando o plástico fundido for injectado.

Vantagens:

- Elevada Qualidade da decoração da embalagem final;
- Permite decorar as cinco superfícies da embalagem numa única operação;
- A etiqueta inserida no processo IML dá à embalagem mais rigidez.

Uma das grandes vantagens é o facto de a unidade sair da máquina como produto acabado.

Na Figura 3.5 podemos ver em esquema este funcionamento.

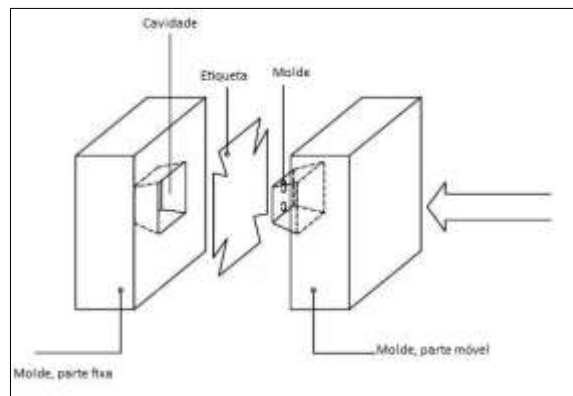


Figura 3.5: Esquema do processo de etiquetagem no molde

### Etapas do processo de moldagem por injeção

#### Etapa 1

É responsável por criar a dosagem adequada de matéria-prima e injectá-la na cavidade do molde. A Figura 3.4 b) mostra-nos os componentes da unidade de injeção.

O cilindro de injeção é onde se encontra o parafuso sem-fim, que transporta, homogeneiza, plastifica, comprime e injecta o material na cavidade do molde, é rodeado de resistências que garantem a temperatura ideal para fundir o material.

#### Etapa 2

A unidade de moldagem é responsável por dar forma ao material fundido produzindo a peça final. O molde é constituído por duas placas ligadas por quatro barras de fixação. A placa fixa encontra-se do lado dos bicos injectores e a placa móvel garante o fecho do molde, Figura 3.5.

#### Etapa 3

O robot transporta as etiquetas dos magazines, ver exemplo de magazines na Figura 4.14, até às cavidades dos moldes e transporta as peças prontas do molde até ao empilhador.

#### Etapa 4

Saída do produto final através de um tapete. É possível programar o espaço que o tapete avança entre cada descarga de embalagens dos empilhadores. No final do tapete há a presença de sensores que avisam o excesso de embalagens existentes no tapete de forma a não permitir a queda das mesmas.

### Ciclo de moldagem:

A moldagem por injeção é um processo cíclico, e que se divide em seis fases tal como mostra a Figura 3.6:

1. Extracção: Finaliza a etapa de resfriamento, o molde é aberto e a peça é extraída pela acção de extractores neste caso de sopro;
2. Fecho do molde: O ciclo inicia-se quando o molde se fecha e é travado. É necessário que ele trave, pois a pressão é muito elevada no interior da cavidade no momento da injeção;
3. Injecção: Após a plastificação e homogeneização do termoplástico (PP e MB) no cilindro de injeção, obtido pelo movimento de rotação da rosca e do aquecimento do cilindro pelas resistências eléctricas, o material é injectado para o interior das cavidades;
4. Dosagem: Injecção do material fundido para o interior da cavidade no molde devido ao avanço da rosca e bloqueio do material devido ao anel de bloqueio. Quando o material plástico entra em contacto com a superfície da cavidade do molde este esfria rapidamente, o material que entra em seguida, flui pela camada já solidificada;
5. Resfriamento Recalque: Após o preenchimento das cavidades a pressão nas paredes do molde mantêm-se constantes até que a peça solidifique, o recalque tende a compensar a contracção da peça moldada durante o resfriamento, evitando defeitos de moldagem;
6. Resfriamento após Recalque: Finaliza a fase de recalque, a peça permanece no molde fechado a fim de fazer o resfriamento e completar a solidificação.

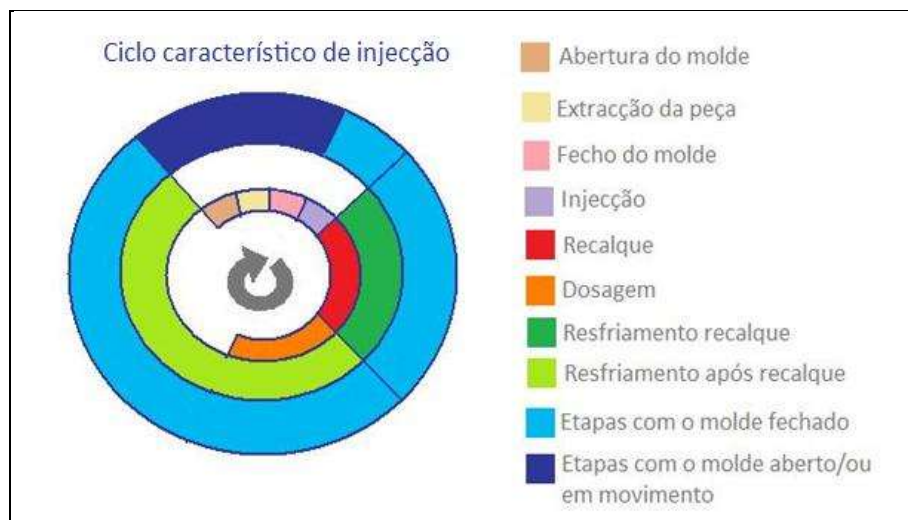


Figura 3.6: Ciclo característico de injeção

### 3.3. Descrição das Máquinas avaliadas

As máquinas que irão estar sob nossa observação no caso de estudo, encontram-se dispostas como indicado na Figura 3.7.

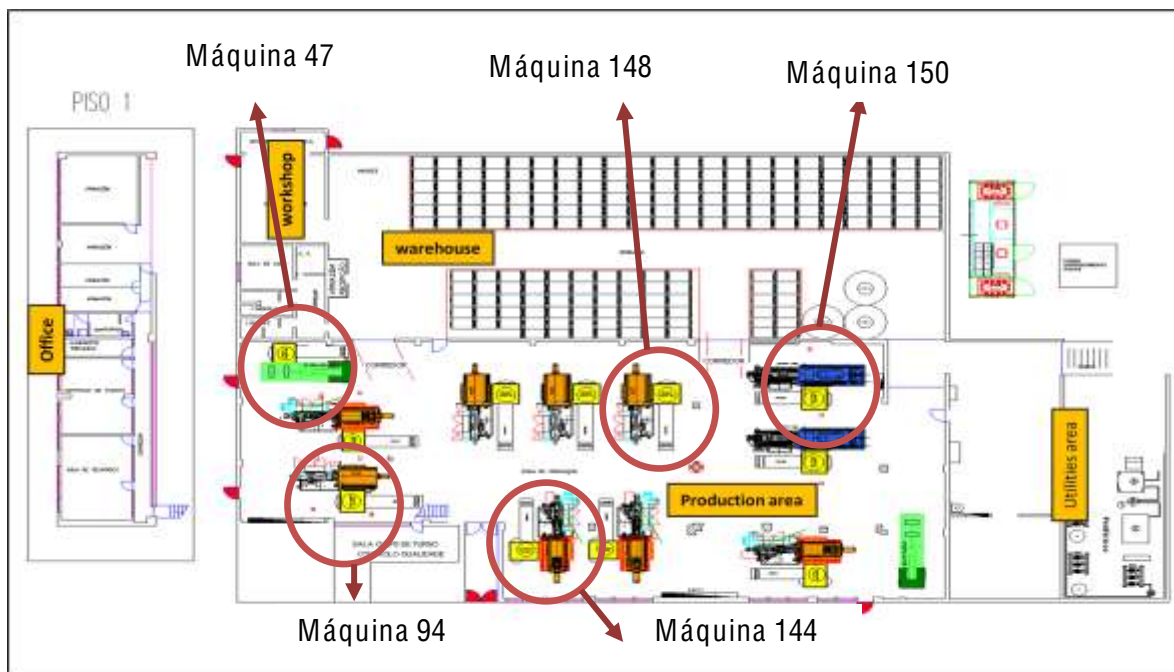


Figura 3.7: Lay-out da fábrica

#### Máquina 47

A máquina utiliza apenas o processo de moldagem por injeção, descrito acima, não utiliza etiquetas.

Produz fundos com capacidade de 0,9 ou 1l podendo as unidades ser brancas ou transparentes.

Esta máquina utiliza PP normal e PP triturado resultante das unidades rejeitadas na produção da fábrica, as unidades brancas, sem etiqueta rejeitadas ao longo da produção de toda a fábrica são trituradas e o PP é reaproveitado nesta máquina.

#### Máquina 94

A máquina utiliza o processo de produção IML descrito acima.

Produz fundos brancos para margarinas com capacidade de 250g, com etiqueta incorporada.

#### Máquina 144

A máquina utiliza o processo de produção IML descrito acima.

Produz fundos de margarinas brancos com capacidade de 500g, com etiqueta incorporada.

### Máquina 148

A máquina utiliza o processo de produção IML descrito acima.

Produz tampos, para embalagens (fundos) de 250g, de várias colorações pelo que utiliza masterbatch de cores diferentes, é a única máquina a utilizar diferentes cores. Tem etiqueta incorporada.

### Máquina 150

Utiliza o processo de IML descrito acima.

Produz fundos para manteigas, embalagem com capacidade de 250g, com etiqueta incorporada.

## **3.4. Defeitos**

Um defeito é uma não conformidade detectada, ou seja, é um produto ou matéria-prima (PP, Etiqueta, corante) que se encontra fora das especificações da Qualidade. Num processo de injeção, são vários os parâmetros a controlar e que condicionam o produto final. Existem três tipos de inspeções feitas às unidades produzidas: - a inspeção visual, a inspeção funcional e a dimensional.

- Inspeção Visual – é feita pelo operador sempre que a máquina produz um canudo de unidades empilhadas (todas as unidades são inspeccionadas – Inspeção 100%);
- Inspeção Funcional – é feita de 2 em 2 horas um teste de modo a verificar se os fundos encaixam nos tampos bem como se encaixam nos alvéolos;
- Inspeção dimensional – é feita também de 2 em 2 horas um teste passa/não passa nos calibradores.

Os defeitos que vão ser estudados são os detectados por meio de inspeção visual na sala de produção. Quando a máquina produz um canudo de unidades empilhadas estas são avaliadas pelo operador que estiver responsável pela máquina, e caso seja detectado algum defeito a peça é rejeitada.

### Classificação dos defeitos IML

A empresa questionou-se e desenvolveu a Tabela 6.1 com as definições dos vários tipos de defeito. Um defeito (DF) é um afastamento de uma característica da Qualidade do produto inspeccionado em relação ao nível pretendido ou nível especificado. Este pode ser classificado como:

- Defeito Crítico (DFC) - Sendo aquele que impede a utilização da embalagem ou que prejudica a sua função essencial;
- Defeito Maior (DFM) – Aquele que diminui a eficácia da embalagem, reduzindo a eficácia da sua utilização;
- Defeito Menor (DFMN) – Aquele que sem alterar o desempenho da sua função, apresenta imperfeições no seu acabamento.

Na Logoplaste Santa Iria todas as unidades produzidas, tampos e fundos, são inspeccionadas a olho nu por um operador verificando a existência ou não de defeitos, seguindo um procedimento que foi instituído na fábrica (avaliação visual - Figura 3.8). Uma descrição mais detalhada do processo de avaliação visual é apresentada no anexo I.



Figura 3.8: Método de avaliação visual de defeitos na embalagem.

Assim que um canudo sai da máquina (canudo - conjunto de unidades de uma dada cavidade do molde, descarregadas e empilhadas pela máquina) é inspecionado por um operador – Avaliação visual. Além da avaliação visual são realizados testes com o objectivo de validar a geometria dos produtos (exemplo: fundo/tampo, fundo/alvéolo – A Figura 3.9 faz a demonstração do método de avaliação) e o seu correcto funcionamento na linha de produção do cliente. Estas análises são efectuadas de 2 em 2 horas.

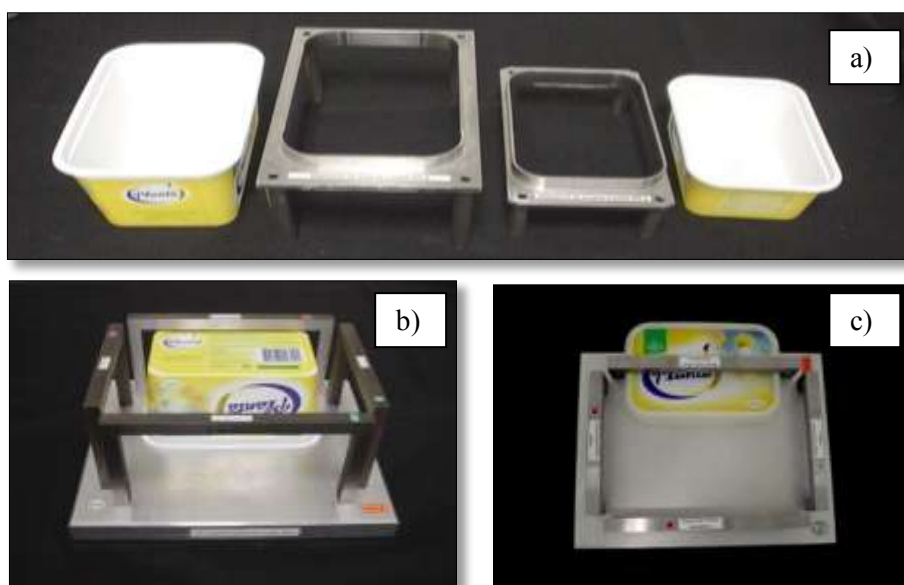


Figura 3.9: a) Alvéolos da fábrica do cliente; b) método passa/não passa (fundos) nos calibradores; c) método passa/não passa (Tampos) nos calibradores



Com o objectivo de minimizar as perdas e de dar continuidade à produção, a empresa sistematizou o modo de identificar e solucionar os problemas causados pela ocorrência de defeitos na produção. A Figura 3.10 representa o fluxograma com os passos a seguir na presença de defeitos.

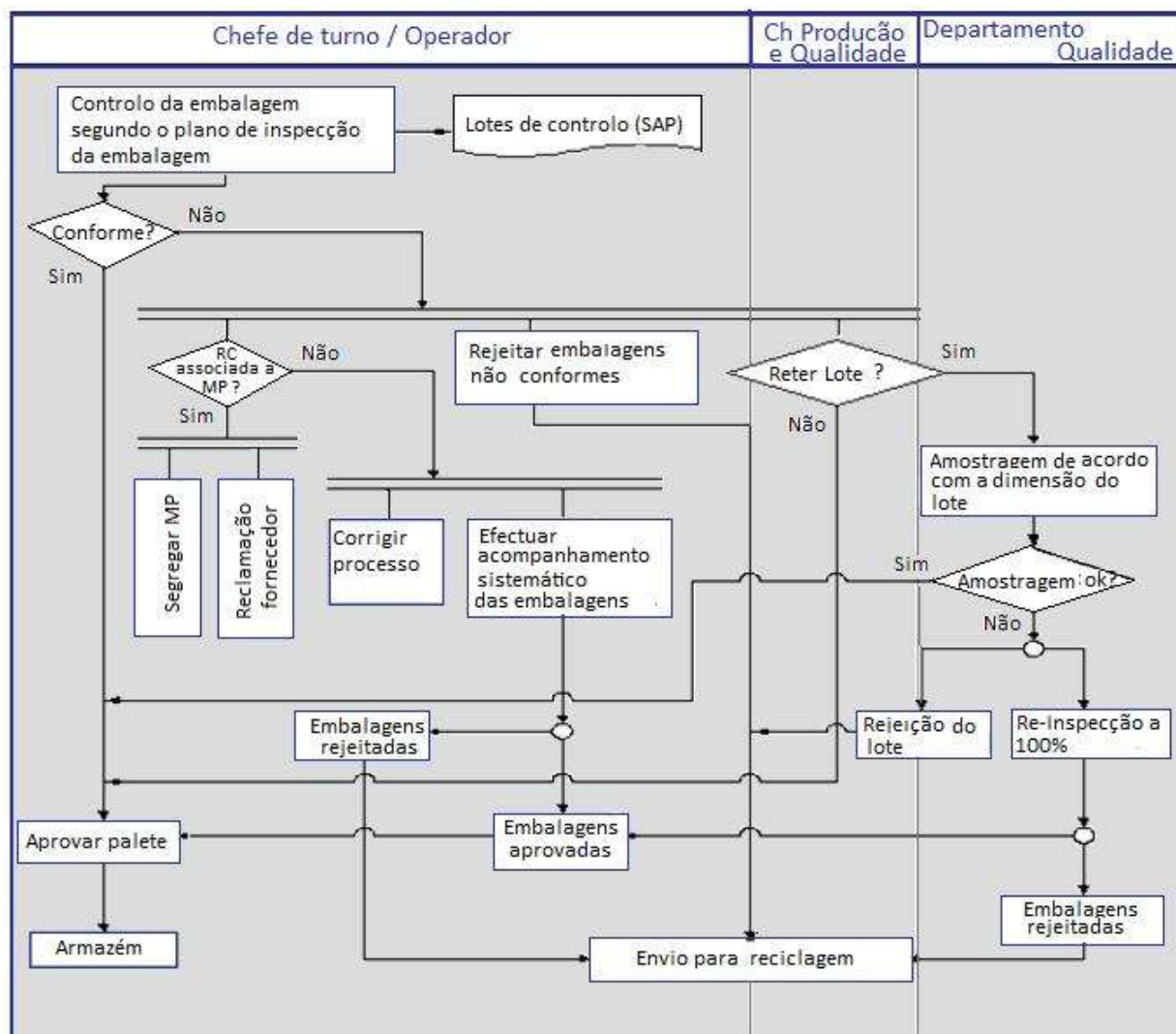


Figura 3.10: Fluxograma de actuação na presença de um defeito



### 3.5. Matérias-primas

Existem três matérias-primas principais necessárias para a produção de embalagens plásticas: - o Polipropileno (PP), o masterbatch, e as etiquetas.

#### 3.5.1. Polipropileno

A palavra *Plástico* vem do grego *Plastikos*, que significa dar forma, moldar. O polipropileno, plástico na forma corrente, é um produto que se obtém por polimerização do propileno e é um derivado do petróleo, exemplo na Figura 3.11 b). O PP, é um termoplástico - torna-se numa substância plástica quando aquecido, podendo ser repetidamente aquecido e fundido por acção do calor, sem alterar as suas propriedades. Este produto apenas sofre transformações físicas durante o processo de moldagem.

Suas propriedades:

- É um dos polímeros mais baratos, pois é sintetizado a partir de matérias-primas baratas vindas do petróleo;
- Possui uma boa resistência química tanto à humidade como ao calor, e apresenta uma baixa densidade, boa dureza superficial e estabilidade dimensional, e tem ainda boa resistência à flexão;
- É mais resistente mecânicamente e menos flexível que o polietileno (polímero mais simples) e pode ser submetido a temperaturas de até 120°C sem se deformar;
- Pode ser reciclado.

As propriedades físicas gerais são semelhantes às do polietileno de alta densidade, tem menor encolhimento no molde e permite obter artigos com maior brilho.

Aditivos possíveis de adicionar ao PP a fim de melhorar as suas características:

- Plastificante: de modo a aumentar o processo plástico e garantir uma menor fragilidade do produto acabado;
- Estabilizadores: Estes evitam a degradação do plástico por agentes físicos e químicos (tais como calor, radiação, UV, ...)
- Corantes: Melhoram a imagem do produto final;
- Agentes anti-estáticos e anti-choque;
- Agentes que retardem a chama.

Durante o estágio, e por conseguinte o estudo, a fábrica Logoplaste Santa Iria trabalhou com dois fornecedores diferentes de PP com propriedades e índices de fluidez diferentes.

O PP “X” tem um índice de fluidez maior, vem mais contaminado, é mais abrasivo, tem efeito lixa, “arranca” pedaços fixos no interior do cilindro contaminando as embalagens.

O PP “Y” no entanto é mais caro.

Existe ainda um outro PP incolor, utilizado apenas na produção de embalagens transparentes da máquina 47.

Índices de fluidez diferentes, implicam temperaturas do processo diferentes. O PP X tem um índice de fluidez mais elevado, permite-nos trabalhar com temperaturas mais baixas e com um menor consumo de energia produz com uma injeção mais rápida, e assim obtém um menor tempo de ciclo. Já com o PP “Y” é necessário aumentar a temperatura do processo para obter uma injeção e fluidez no molde, semelhantes. Assim ambos os PP’s têm vantagens e desvantagens.

É ainda utilizado na produção o PP triturado. As embalagens brancas sem etiqueta desperdiçadas nos arranques das máquinas são trituradas e utilizadas apenas na máquina 47 nos fundos brancos.

Ao longo da produção as embalagens com defeito são separadas. Existe um caixote para unidades com etiqueta e outro para unidades sem etiqueta. As unidades sem etiqueta mais tarde são escolhidas e trituradas por um operador. Este processo é bastante mais complicado do que aparenta, pois a separação no hall de produção nunca chega a ser bem-feita, passam sempre unidades com etiqueta, bem como lixo, restos de fita cola e etiquetas soltas, o que dificulta muito o processo de selecção das unidades na hora de as triturar.

O PP triturado é utilizado na máquina 47 misturado com o PP virgem e ainda na limpeza (purgas) de todas as máquinas misturado com o produto de limpeza e com PP virgem.

### 3.5.2. Masterbatch

Masterbatch (MB), é um composto "plástico", de um ou mais aditivos em alta concentração, usado na indústria de transformação plástica, em resinas, ou como aditivo de cor e balanceador de concentrações, exemplo na Figura 3.11 a). Na Figura 3.12 podemos ver embalagens com tampos de cor diferente devido à utilização de diferentes masterbatches.

São concentrados de pigmentos, corantes ou aditivos, que são dispersos numa resina denominada resina veículo.

O aqui utilizado, vem adicionado a um polietileno de baixa densidade (PEBD), e é misturado no PP durante a produção, sendo utilizado para dar uma coloração diferente.

As embalagens produzidas na fábrica são todas elas bastante semelhantes.

O que difere são as etiquetas, e a coloração dos tampos.

Ao longo da produção é possível mudar de corante, e tal só acontece nas máquinas de tampos.

Na troca de pigmento, são produzidas unidades sem etiqueta até a cor estabilizar novamente. Depois de estabilizada, é ligada a etiqueta e volta a produção normal.

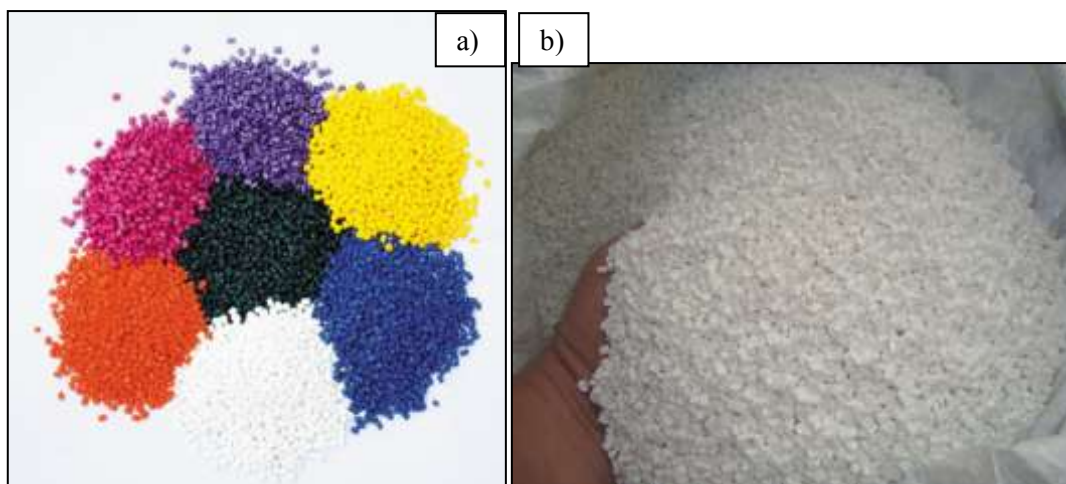


Figura 3.11: a) Masterbatch; b) Polipropileno

### 3.5.3. Etiqueta

As etiquetas são rótulos destinados à identificação de produtos. As etiquetas são feitas de modo a preencher toda a área da embalagem tornando-a mais atractiva e chamativa, tendo assim um papel cada vez mais importante na venda do produto.

Cada máquina utiliza várias referências de etiquetas diferentes, uma referência para cada produto com uma cor e desenho diferentes, embora o formato se mantenha igual, de modo a facilitar a produção. Por exemplo: - a produção de embalagens de fundos de 500g na máquina 144 pode ser de vários produtos diferentes.

Quem escolhe o tipo de etiquetas bem como os fornecedores é o cliente, pois o cliente é que estuda o impacto que causa ao cliente final, e negocia grandes quantidades de etiquetas para vários produtos e várias fábricas que não a Logoplaste Santa Iria.

As etiquetas podem diferir em:

- Espessura;
- Tamanho;
- Cor.



Figura 3.12: Exemplos de etiqueta e embalagens.

Na Figura 3.12, podemos ver o exemplo de uma etiqueta, e de várias embalagens. As embalagens podem diferir no tamanho e etiqueta enquanto que os tampos utilizam pigmentos (masterbatch) diferentes.

As etiquetas são produzidas por extrusão e a sua constituição é de OPP – polipropileno orientado. O filme de etiquetas foi desenvolvido especialmente para embalagens de comida.

Na

Tabela 3.1 estão descritas as principais propriedades das etiquetas. Neste momento a fábrica trabalha com três fornecedores de etiquetas:

Tabela 3.1 - Propriedades e características das etiquetas

Propriedades	Características
Alta resistência a furos e à tracção;	Repelente à água;
Dimensionamento estável quando sujeito a variações de humidade	Apropriado para embalagens de comida;
Boa resistência a altas temperaturas;	Resistência ao óleo;

## Capítulo 4 – CASO DE ESTUDO

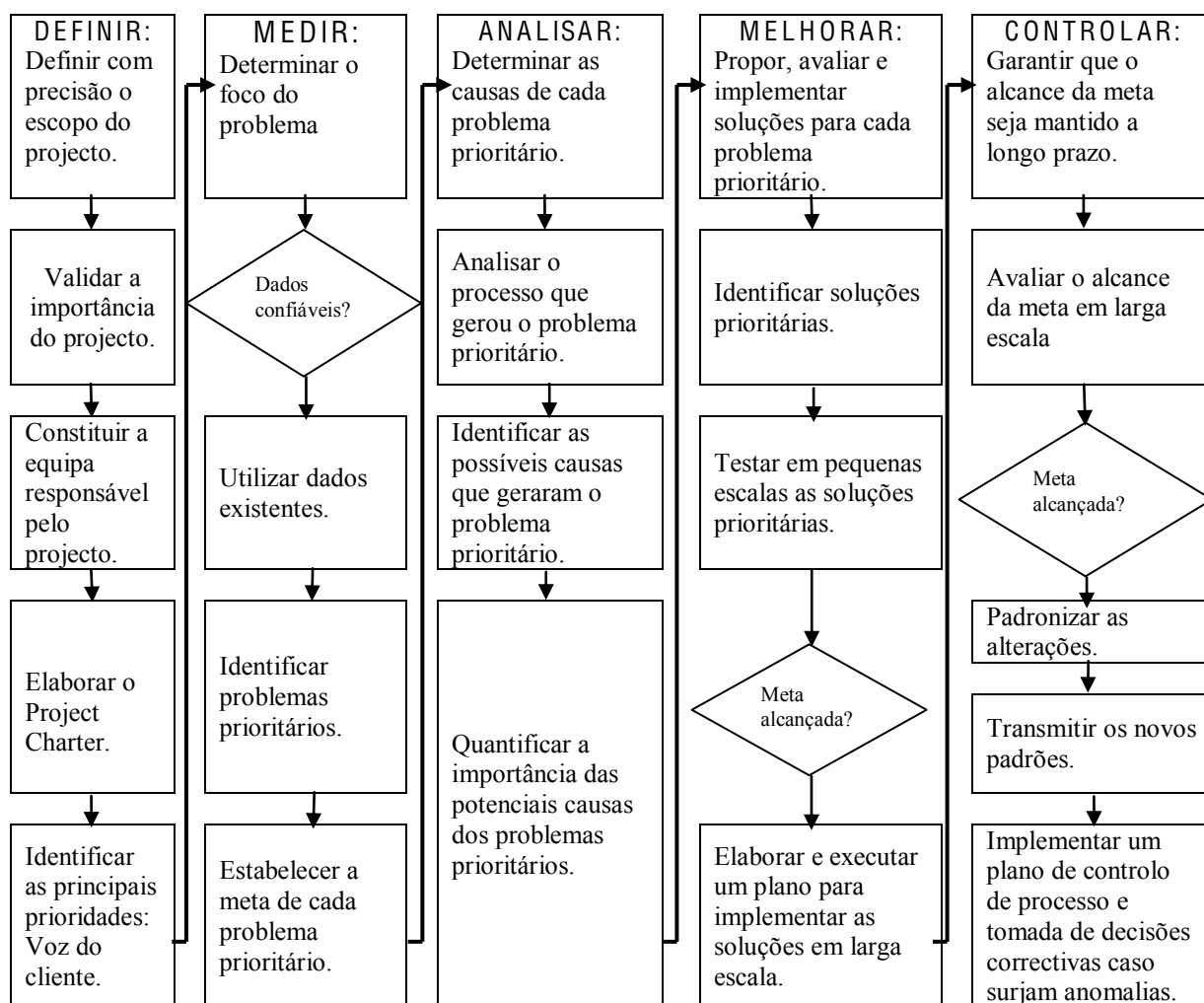
O estudo efectuado não se desenvolveu como um projecto Seis Sigma normal. Neste caso foi utilizada a metodologia DMAIC da estratégia Seis sigma no entanto sem nenhum Master Black Belt, Black Belt ou green Belts como numa equipa tradicional.

Pretendendo chegar a soluções de melhoria no processo de produção, reduzindo a sua variabilidade, com o objectivo de diminuir o refugo da fábrica, os tempos de ciclo, os custos, tornando o processo mais competitivo, sempre focado nos interesses do cliente e aumentando o nível Sigma.

Tal como descrito anteriormente, o método DMAIC é caracterizado por ser um ciclo fechado constituído por cinco fases: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar.

No caso de estudo seguiu-se o ciclo, tal como mostra a Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Resumo das fases DMAIC



## 4.1. Definir

Houve a necessidade de diminuição do refugo da fábrica e para tal é necessário escolher o projecto mais indicado e defini-lo.

### 4.1.1. Avaliação do refugo da fábrica

Foi avaliado e analisado o histórico da fábrica com o objectivo de seleccionar o projecto chave a ser estudado. Através dos dados do software SAP, software de gestão empresarial, constatámos que o refugo do segundo semestre de 2009 foi de 0,95%, valores esses que podem ser vistos na Figura 4.1.

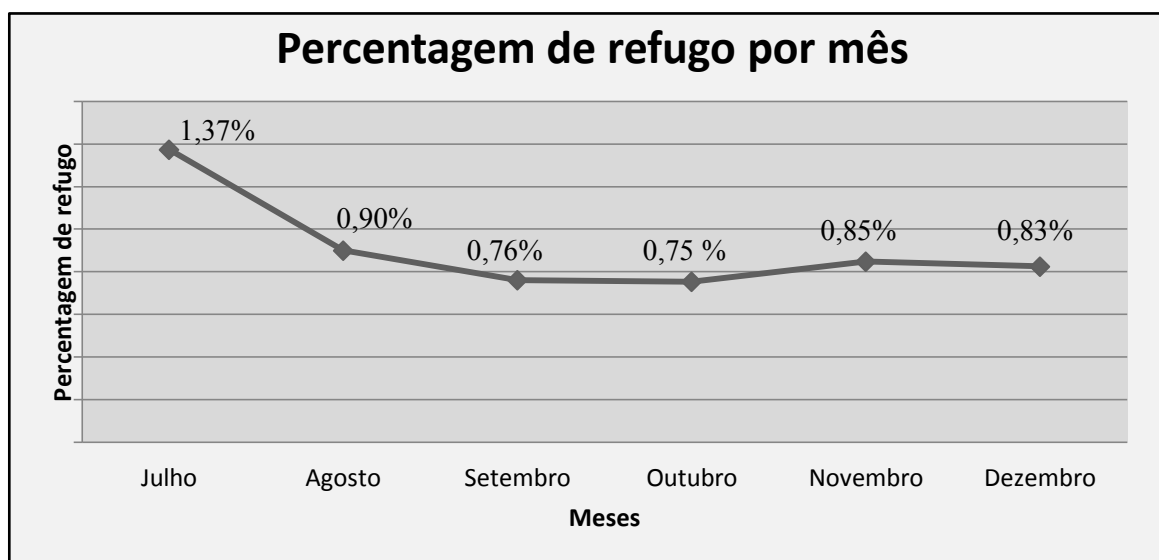


Figura 4.1: Percentagem de refugo total do segundo semestre de 2009

A fábrica é constituída por doze máquinas, máquinas essas que produzem fundos e tampos de embalagens para margarinas, manteigas e caldos. Cada tipo de embalagem tem uma dimensão e um peso diferente, o que leva a um impacto diferente nos quilogramas de matéria-prima transformada.

Através do software SAP podemos ter acesso a um enorme leque de informação detalhada.

Todos os dias os operadores de cada turno preenchem uma folha, “folha de produção”, folha essa que contém a quantidade, em quilogramas, das unidades rejeitadas com defeito, bem como o número de paletes e caixas que foram produzidas em cada turno, o tempo de ciclo, a hora de arranque da máquina, bem como quais as referências que esteve a produzir. Todas estas informações são passadas para o software SAP, de modo a poderem mais tarde ser estruturadas, consultadas e analisadas.

#### 4.1.2. Identificação do problema

Através dos registos do software SAP existentes na fábrica, tomou-se conhecimento da percentagem de refugo no momento.

Depois de analisados os dados chegou-se à conclusão que havia a necessidade de reduzir o refugo. Após essa decisão foi avaliada qual a melhor forma de o fazer.

Nesta fase, é necessário ter bem definido o ponto de situação actual, bem como, qual a percentagem real que é viável atingir.

Uma embalagem quando rejeitada por aparecimento de defeito leva a um desperdício em matéria-prima (PP, MB e etiqueta) desnecessário, bem como um custo de produção associado às unidades, tendo em conta, electricidade, mão-de-obra, e ainda o custo da fábrica ter que produzir ao sábado, caso a produção necessária não tenha sido atingida.

O refugo caracteriza-se por embalagens (tampos e fundos) com etiqueta, que são rejeitados ao longo do processo de produção devido à identificação visual de um ou mais defeitos. Não são consideradas as embalagens que não têm etiqueta, pois estas resultam de arranques da máquina ou de acertos de processo. No início do turno de produção, quando o operador arranca com a máquina, é necessário fazer acertos no processo. Nesta altura a máquina está com as etiquetas desligadas, e, só depois do processo estabilizado é que são ligadas, e se inicia a produção.

A partir do momento em que as etiquetas são ligadas, todas as unidades que venham com defeito são consideradas refugo, são estas as unidades que avaliámos no trabalho.

Tabela 4.2: Diferença entre Desperdício e Refugo

Desperdício	Refugo
Unidades com etiqueta e unidades sem etiqueta provenientes do arranque da máquina e acertos de processo.	Unidades com etiqueta rejeitadas ao longo do processo de produção.

#### 4.1.3. Escolha da equipa

Visto não haver uma estrutura meso-paralela foi necessário reunir uma equipa multidisciplinar, que estivesse interessada em participar, e que pudesse de alguma forma contribuir para o desenvolvimento do projecto. Era necessária a contribuição da liderança, da equipa da Qualidade, dos 3 chefes de turno, 2 elementos em cada turno e da equipa de manutenção. A equipa foi definida tal como mostra a Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Equipa participante do projecto

Função	Nome
Responsável pelo departamento de Qualidade da empresa	Eng. A.P.C
Chefe da fábrica	Eng. B.F.
Segunda Linha da fábrica	J.T.
Departamento de Qualidade da fábrica	Eng. A.F. L.F.
Responsável pela manutenção	J.B.
Manutenção	P.P.; N.E.
Chefes de turno	J.B.; M.P.; M.R..
Operadores	6 Operadores (2 em cada turno)
Estagiária	Joana Cunha

#### 4.1.4. Selecção do projecto

Depois de formada a equipa, o ponto seguinte foi escolher o projecto mais viável. A fase da escolha do projecto é a fase mais importante da implementação da metodologia Seis Sigma, pois o sucesso do projecto depende dessa escolha. Um projecto bem seleccionado irá levar a que seja possível obter bons resultados rapidamente, fazendo com que a cultura Seis Sigma fique bem implementada na empresa.

Um projecto mal escolhido, ou inadequado, irá levar ao fracasso e frustração das pessoas envolvidas, fazendo com que estas deixem de acreditar no seu sucesso e no sucesso dos próximos projectos. Foi ainda necessário ter em atenção que deve ser um projecto que contribua para o alcance das metas da empresa, bem como para a satisfação dos clientes tendo em conta os seis meses de estágio.

Foi elaborada uma matriz de Prioridades tal como mostra a Tabela 4.4.

A matriz de prioridades contempla vários critérios, que pensámos serem os mais importantes para a escolha do projecto.

Assim foram considerados vários aspectos:

- Grande chance de terminar o projecto dentro do prazo estabelecido;
- Grande colaboração para o alcance das metas dos clientes;
- Impacto na melhoria da performance da organização;
- Forte contribuição para o alcance das metas da empresa.

A seguinte matriz mostra-nos qual é o projecto mais viável.



Tabela 4.4: Matriz de prioridades

Matriz de prioridades - Critérios e indicadores que contribuem para a escolha do projecto Seis Sigma												
<div>Legenda: 5-Fortemente atendido 3 - Moderadamente atendido 1 - Fracamente atendido 0 - Não é viável</div> <div>Número de critérios</div> <div>Grau de importância (de 5 a 10)</div>	Critérios para selecção	Elevada contribuição para as metas da empresa	Elevada contribuição para a satisfação dos clientes	Ganho financeiro	Disponibilidade da equipa de trabalho	Projecto viável no prazo acordado	Indicadores	Disponibilidade dos dados	Elevada complexidade	Contribuição para a integração multifuncional da empresa	Facilidade de transferência dos resultados para outra área da empresa	TOTAL
		1	2	3	4	5						
		10	9	8	8	10						
		Possíveis Projectos										
Reduzir o refugo total da fábrica em 50%		5	5	5	0	0		5	0	5	5	
Reduzir em 50% o refugo da máquina prioritária	1	1	1	5	5	5	5	1	1	129		
Reduzir em 50% o refugo de 2 máq. prioritárias	1	1	1	4	5	5	1	3	3	113		
Redução em 50% o refugo das 5 máq. prioritárias	3	3	3	3	5	5	3	3	5	171		

O projecto com maior pontuação através da matriz de prioridades, 171 pontos, foi o de reduzir em 50% a percentagem do refugo de cinco máquinas prioritárias da fábrica, projecto esse que achámos que seria viável embora requeresse muito trabalho por parte dos envolvidos.

A fim de escolher quais as cinco máquinas prioritárias foram recolhidos os dados do software SAP referentes às percentagens de refugo do segundo semestre de 2009. Foi tido em conta quais as máquinas com maior refugo, e que produtos cada uma produzia, a fim de se escolher as que produzem diferentes produtos, de forma a melhor concretizar o objectivo da fábrica, o de reduzir o refugo total em 50% até ao final do ano.

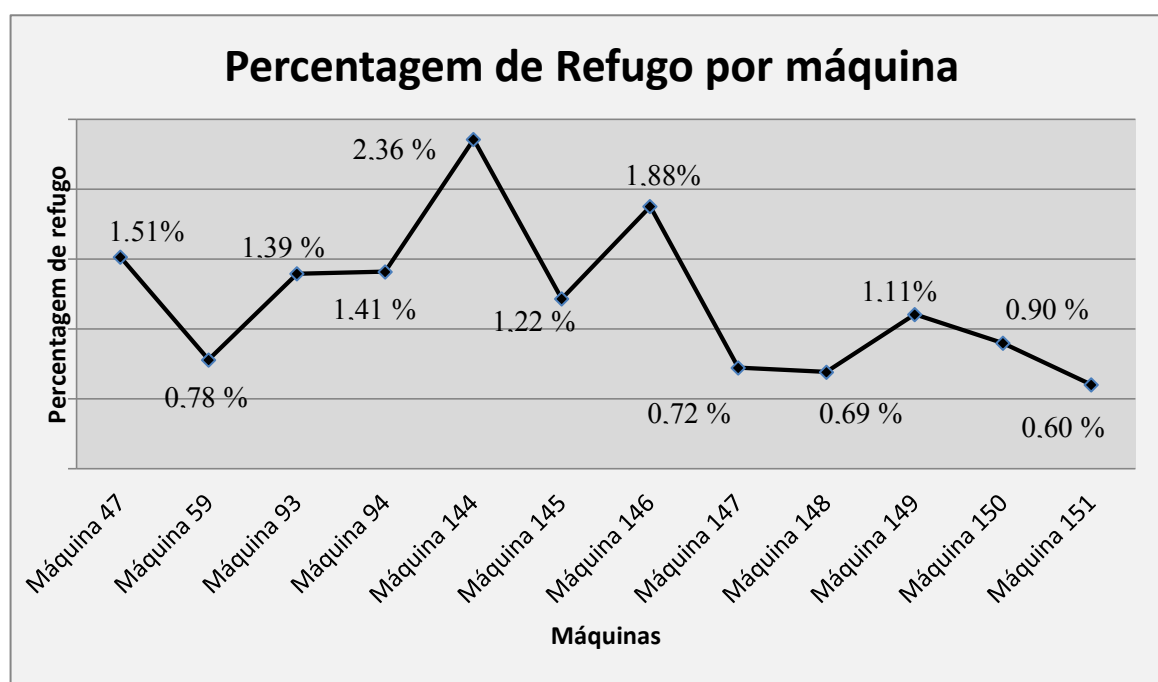


Figura 4.2: Percentagem de refugo de Dezembro de 2009 de todas as máquinas

Tabela 4.5 - Máquinas seleccionadas para participar no estudo

Máquinas	Produto	Produção
Máquina 47	Fundos 1L e 0,9L (Branco e transparente)	Injecção sem etiqueta
Máquina 94	Fundos Margarina 250g	IML (Etiqueta no molde)
Máquina 144	Fundos Margarina 500g	
Máquina 148	Tamos Margarina 250g	
Máquina 150	Fundos Manteigas 250g	

Tabela 4.6: Nível Sigma inicial e nível Sigma que se pretende atingir

Máquinas	Dezembro de 2009			Objectivos para Dezembro de 2010		
	% Refugo	DPMO	Nível Sigma	50% Refugo	DPMO	Nível Sigma
Máquina 47	1,51%	15134	3,67	0,76%	7567	3,93
Máquina 94	1,41%	14080	3,7	0,70%	7040	3,96
Máquina 144	2,36%	23553	3,49	1,18%	11776	3,76
Máquina 148	0,69%	6902	3,96	0,35%	3451	4,2
Máquina 150	0,90%	8979	3,87	0,45%	4490	4,11
Total 5 Máquinas	1,09%	10933	3,79	0,55%	5467	4,05
Total fábrica	0,95%	9500	3,85	0,50%	4750	4,09

Considerámos que cada unidade só teria uma oportunidade de defeito, pois na realidade apenas obtivemos na recolha de dados unidades com um defeito. Por vezes surgia mais de um defeito numa unidade no entanto foi sempre um defeito principal que causou o outro. Por exemplo, quando falha uma etiqueta a unidade sai sem etiqueta e pode ainda aparecer com falhas de material (ratada) ou seja, por faltar a etiqueta no molde este fica com mais espaço livre, como a quantidade de PP é fixa, não vai ser suficiente para preencher toda a cavidade do molde, resultando em falta de material na unidade.

#### 4.1.5. Definição da meta a atingir

O objectivo da fábrica é o de reduzir o refugo total em aproximadamente 50% até ao final do ano de 2010. O ponto de partida é a percentagem de refugo do segundo semestre de 2009, valor de 0,95%, ou seja, o objectivo é então passar para um valor igual ou inferior a 0,5% de refugo até Dezembro de 2010.

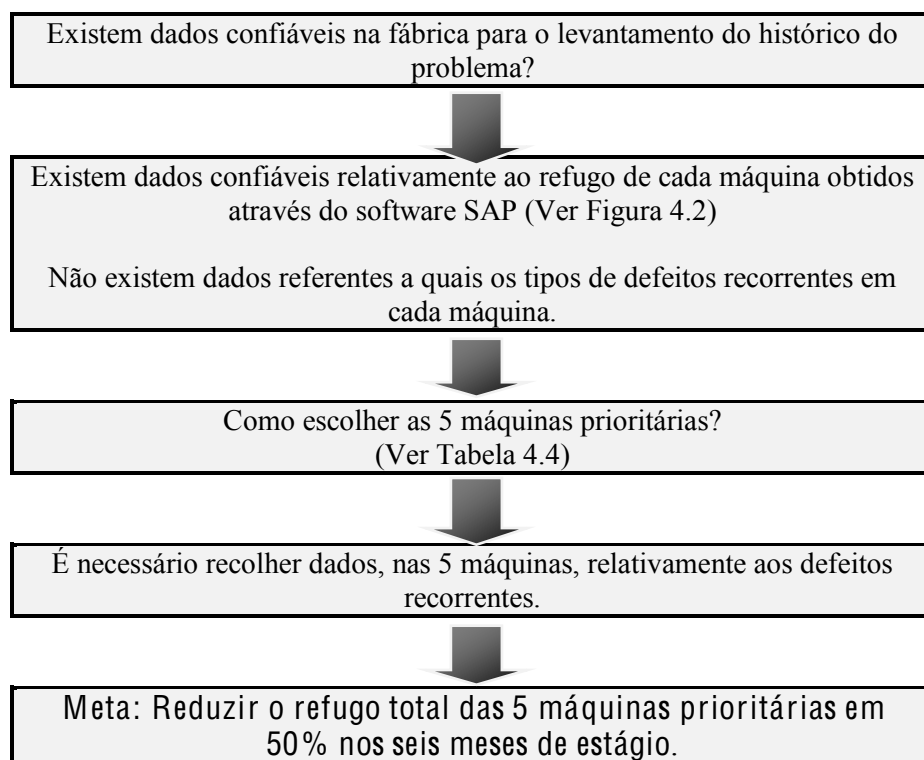
Para que este objectivo seja alcançado é necessário ter em conta as máquinas que fazem mais refugo, avalia-las e assim começar a criar metodologias e rotinas para que essa redução seja possível.

Assim:

- Objectivo do trabalho:  
Reduzir o refugo das 5 máquinas prioritárias em 50% até Dezembro de 2010
- Objectivo da fábrica:  
Terminar o ano com a percentagem de refugo da fábrica igual ou inferior a 0,5%

Nesta fase foi criado um mapa de raciocínio, Tabela 4.7, que tem como finalidade ajudar-nos na organização e no raciocínio desta fase. Pode ainda nos auxiliar na realização do *Project charter*.

Tabela 4.7: Mapa de Raciocínio da fase Definir



#### 4.1.6. Definir com precisão o escopo do projecto

Um projecto Seis Sigma caracteriza-se por ser bem definido logo de início, embora depois possa haver alterações. Deve ser efectuado um *Project charter*, documento que descreve o problema, indica qual a meta que queremos atingir, avalia o histórico, revela qual é a equipa, o prazo, bem como o cronograma do projecto.

Tabela 4.8: Project Charter.

Project Charter	
Título: Redução do refugo de uma produção de embalagens plásticas através da metodologia Seis $\sigma$ .	
Local: Logoplaste Santa Iria	Prazo: 6 meses
Data Inicio: Fevereiro 2010	Data Fim: Julho 2010
<b>Descrição do problema</b> O facto de a empresa querer reduzir a percentagem de refugo da fábrica a fim de se tornar mais competitiva, com maiores lucros, e de forma a melhor poder agradar ao cliente. A percentagem de refugo total da fábrica no segundo semestre de 2009 foi de 0,95%.	
<b>Meta</b> Reduzir o refugo das 5 máquinas prioritárias em 50% (Ver Tabela 4.6).	
<b>Histórico do problema</b> Ver Figura 4.2 os valores de refugo de cada máquina no segundo semestre de 2009.	
<b>Equipa</b> A equipa escolhida encontra-se descrita na Tabela 4.3	
<b>Cronograma</b> Ver Tabela 4.10. Erro! A origem da referência não foi encontrada.	

Para melhor definir o processo foi realizado o SIPOC na Tabela 4.9. O SIPOC (Suppliers – Inputs – Process – Outputs – Customers, tal como descrito no capítulo 2) descreve o processo indicando quais os fornecedores, as matérias-primas, qual o processo, o produto final e os clientes, o que torna mais fácil a análise do processo.

Tabela 4.9 - SIPOC

S	I	P	O	C
PP: R. S. M.  Etiqueta: C. V. R. S.  MB: F.	PP  Etiqueta  MB	<pre> graph LR     PP[PP] --&gt; IML[Injecção IML]     MB[MB] --&gt; IML     Etiqueta[Etiqueta] --&gt; IML     IML --&gt; PF[Produto Final]     PF --&gt; C[Cliente] </pre>	TP 250g FN 250g FN 500g FN • 1,15L • 0,9L	U.  L.  P.

A próxima tabela mostra-nos o cronograma seguido pela equipa ao longo do caso de estudo. Este deve ser bem definido embora possa ser alterado ao longo do projecto. No cronograma devem estar descritas as várias acções a efectuar dentro de cada fase do método DMAIC.

Tabela 4.10: Cronograma do projecto

Cronograma	Fevereiro			Março					Abril				Maio					Junho				Julho
	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8	Sem 9	Sem 10	Sem 11	Sem 12	Sem 13	Sem 14	Sem 15	Sem 16	Sem 17	Sem 18	Sem 19	Sem 20	Sem 21	
	8	15	22	01	08	15	22	29	05	12	19	26	03	10	17	24	31	07	14	21	28	1-31
<b>Definir</b>																						
Definir possíveis projectos																						
Identificar processo - SIPOC																						
Matriz de prioridades																						
Definir o projecto chave																						
Project charter																						
Cronograma																						
<b>Medir</b>																						
Planeamento da recolha de dados																						
Semana de ensaio e preparação para a recolha de dados																						
Recolha de dados																						
Tratamento dos dados e realização de gráficos																						
<b>Analisar</b>																						
Análise dos dados e gráficos																						
Gerar possíveis soluções																						
Avaliar as possíveis soluções																						
<b>Melhorar</b>																						
Testar possíveis soluções																						
<b>Controlar</b>																						
Verificar e garantir soluções																						

## 4.2. Medir

Para haver uma melhoria de um processo é necessário haver o conhecimento do ponto de situação. É necessário conhecer o processo. Se queremos diminuir o refugo de uma máquina temos que saber que defeitos ocorrem na mesma e em que quantidades. Nesta alínea vão ser recolhidos valores para mais tarde serem avaliados e analisados.

### 4.2.1. Recolha de dados

#### Decisão entre recolher dados ou utilizar os existentes

A empresa tinha apenas registos globais da quantidade de unidades defeituosas, não havendo quaisquer especificidades quanto ao tipo de defeito ou de quantidade mais recorrente por máquina. Os dados existentes na empresa eram do software SAP. Não sabendo quais os defeitos prioritários de cada máquina não podíamos agir com o objectivo de melhorar o processo. Foi necessário recolher novos dados.

#### Planeamento de recolha de dados:

Foram necessárias três semanas para avaliar o refugo, uma semana para treino dos operadores e acertos de processo, e duas semanas para recolher dados fiáveis de modo a ser possível tipificar os respectivos defeitos por máquina. No planeamento da recolha de dados tornou-se necessário a realização de um plano de acção, para tal foi utilizada a ferramenta 5W1H tal como mostra a Tabela 4.11.

Tabela 4.11 – Ferramenta 5W1H

Why Porquê?	Não se sabia quais os defeitos recorrentes de cada máquina; Era necessário tipificar os defeitos por máquina.
When Quando?	De 1 a 12 de Março (Duas semanas).
Where Onde?	Nas quatro máquinas prioritárias - 47;94;144;148.
Who Quem?	Seis operadores – (2 em cada turno). Três chefes de turno.
What O quê?	Recolha de dados a fim de se saber qual ou quais os defeito/s prioritário de cada máquina.
How Como?	Na presença de uma embalagem defeituosa colocar no caixote identificado com o respectivo defeito.  No final de cada turno as unidades são pesadas e o operador preenche a Tabela 6.4.

Depois de chegar à conclusão que teríamos de recolher dados, surge a questão: - “Como recolher os dados?” É uma questão que parece simples, mas na realidade é bastante complexa.

Em primeiro lugar foi necessário pensar numa forma de recolha dos dados sem que interferisse no trabalho dos operadores, pois caso contrário iria atrapalhar o processo, e a tabela acabaria por não ser preenchida.

Primeiramente pensámos numa tabela que tivesse imagens dos defeitos, onde teriam que preencher com traços consoante o número de vezes que o defeito aparecia à frente da fotografia, pensámos que seria mais fácil de visualizar. Depois de avaliada a hipótese chegámos à conclusão que seria demasiado trabalhoso.

Foi necessário perder algum tempo com esta tabela pois o preenchimento por parte dos operadores não pode atrapalhar a produção, e tem que ser atractiva para que não fique esquecida. O operador tem que ser capaz de olhar e identificar de imediato o que deve ser feito.

Há sempre a preocupação de simplificar as tarefas, caso contrário poderá haver uma tendência para não serem efectuadas, várias hipóteses foram avaliadas pela equipa e a hipótese escolhida foi a da utilização de caixotes à volta do tapete da máquina de produção, o operador teria que colocar no caixote correcto a unidade com determinado defeito, tal como mostra a Figura 4.3.

A Figura 4.3 a) mostra o método efectuado no dia-a-dia na fábrica, todas as embalagens rejeitadas vão para um mesmo caixote e este é pesado no final de cada turno.

A Figura 4.3 b) mostra o que foi feito durante as 3 semanas de recolha de dados. Foram colocados vários caixotes, devidamente identificados com um tipo de defeito, à volta do tapete.

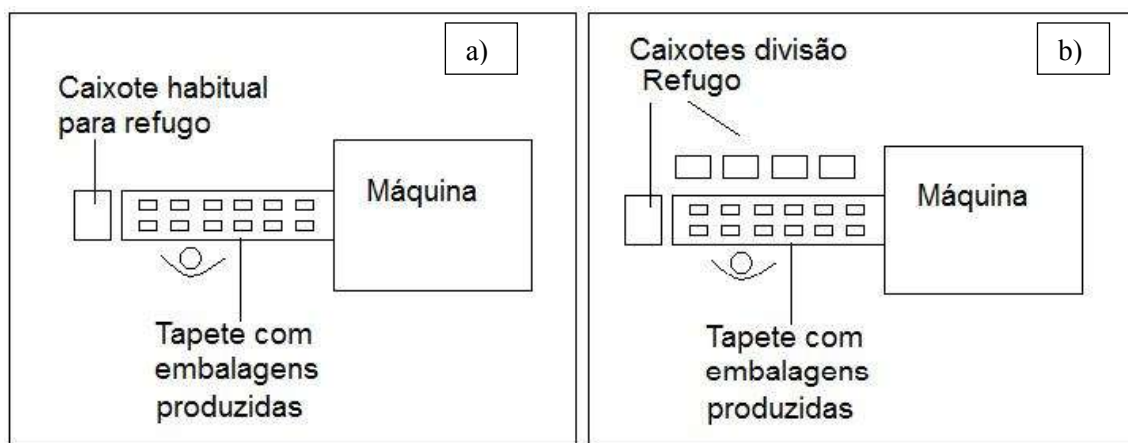


Figura 4.3: Esquema de divisão do refugo

Na solução encontrada para recolha de dados os operadores ao longo da produção colocavam as unidades com defeito no caixote correcto. No final de cada turno eram pesadas as unidades de cada caixote e preenchida a tabela. Penso que foi a melhor solução e que resultou bastante bem.

Uma questão que tivemos de ter em conta, foi: - “Que defeitos colocar na tabela?” Tínhamos que primeiramente perceber quais os defeitos que apareciam com frequência em cada máquina pois



não poderíamos colocar dez caixotes à volta de cada máquina. Com a ajuda dos operadores, chefes de turno e da equipa de manutenção conseguimos uma lista dos principais defeitos que se consideravam prioritários em cada máquina.

Só depois da semana de teste a tabela foi sendo alterada e só depois ficou delineada. Fomos acrescentando e eliminando defeitos da tabela conforme tínhamos necessidade.

A semana de teste foi essencial para acertar critérios entre operadores e toda a equipa e ainda para esclarecer que muitas vezes quando uma embalagem tem dois defeitos, é um defeito prioritário que causa um outro, pelo que é considerado o defeito prioritário. Muitas vezes os operadores davam nomes diferentes ao mesmo defeito.

Criou-se um procedimento que foi colocado em cada máquina para que todos seguissem os mesmos passos. A Figura 4.4 mostra o procedimento que foi colocado em prática nesta fase.

**ATENÇÃO**  
**PASSOS A SEGUIR PELO OPERADOR**

1. Separar as embalagens com defeito, colocando-as nos caixotes correctamente identificados
2. Pesar o refugo individualmente
3. Preencher a folha que está junto à balança com os vários pesos
4. Pesar o refugo total como é habitual e colocar na folha de produção

**Alertar a Joana/Leonildo ou Ana nas seguintes condições:**

- Sempre que se confrontarem com defeitos diferentes dos identificados.
- Sempre que efectuarem ajustes de processo ou etiquetas (magazines)
- Qualquer dúvida que surja.

**CONTAMOS COM A VOSSA COLABORAÇÃO**

19/02/2010  
Joana Cunha

Figura 4.4: Procedimento de recolha de dados

Foram recolhidos dados ao longo de três semanas, uma semana de teste e duas de recolha para análise. A fábrica produz 24h por dia, pelo que foi necessário criar turnos de acompanhamento pelos elementos da equipa, a fim de garantir que as dúvidas dos operadores fossem esclarecidas, e que tudo correria conforme o previsto. Tentou-se esclarecer no momento em que aparecia um defeito qual a sua causa possível pois pensámos que seria mais fácil de identificar.

Não foram recolhidos dados na máquina 150 pois já sabíamos qual era o seu defeito recorrente.

### Semana de teste - Avaliação do sistema de medição

Os dados desta semana não foram utilizados no caso de estudo. A semana de teste foi necessária para acertar critérios, como já foi dito, e garantir que os dados nas duas semanas seguintes fossem confiáveis.

Foi necessária uma semana de teste para:

- Formação dos operadores, acertos sobre o processo;

Definir quais os defeitos e os seus nomes – uniformizar critérios, no anexo I podemos ver a descrição dos principais defeitos;

- Garantir que a diferença entre desperdício e refugo estava compreendida;
- Corrigir tabela com os principais defeitos a colocar em cada máquina, a folha de registo final pode ser vista na Tabela 6.4;
- Esclarecer com os operadores que alguns defeitos são responsáveis pelo aparecimento de outros, esclarecer qual o principal.

## Dados recolhidos

Os dados podem ser vista no II anexo.

Os gráficos resultantes da recolha de dados ao longo das duas semanas estão apresentados abaixo.

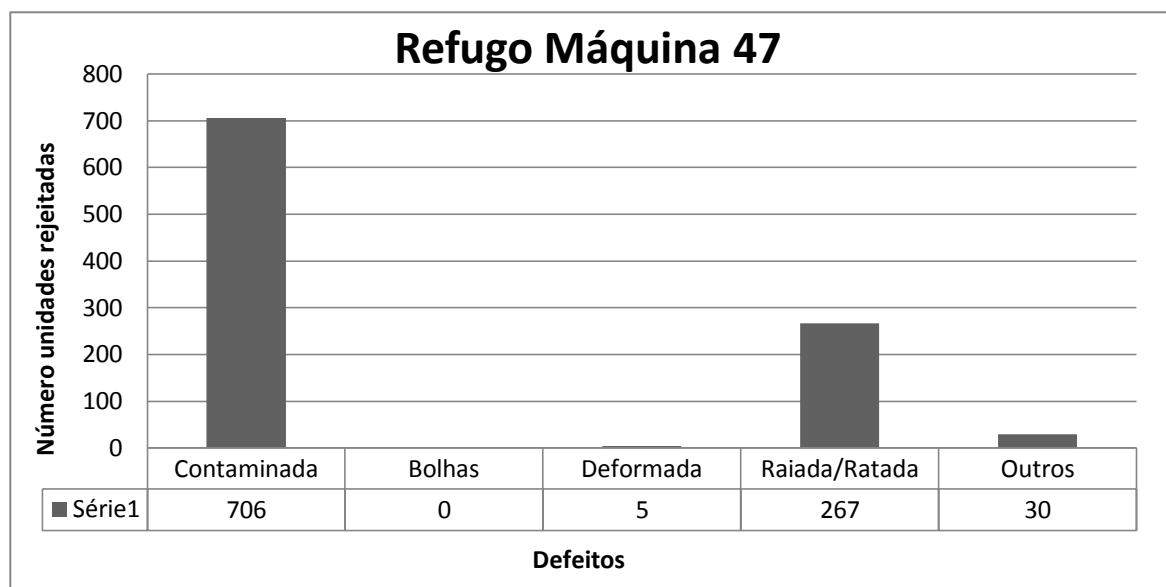


Figura 4.5: Gráfico do refugo de duas semanas da máquina 47

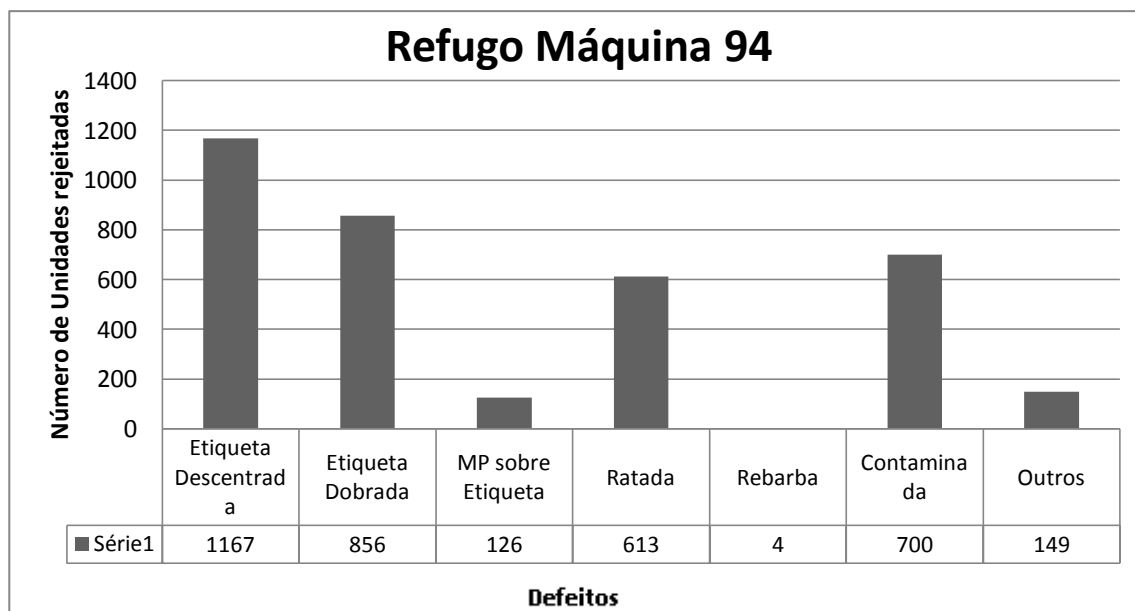


Figura 4.6: Gráfico do refugo de duas semanas da máquina 94

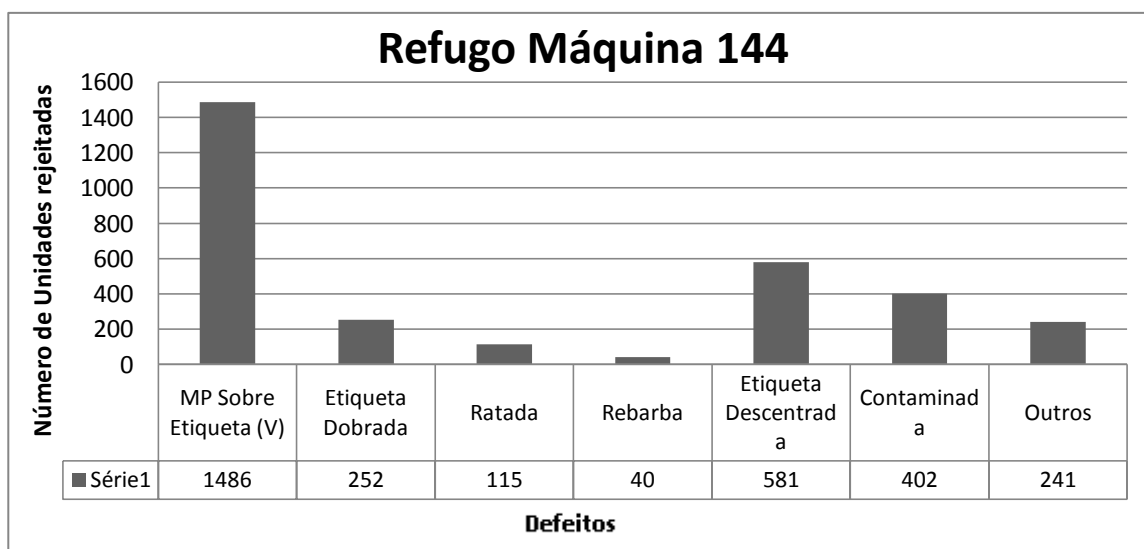


Figura 4.7: Gráfico do refugo de duas semanas da máquina 144

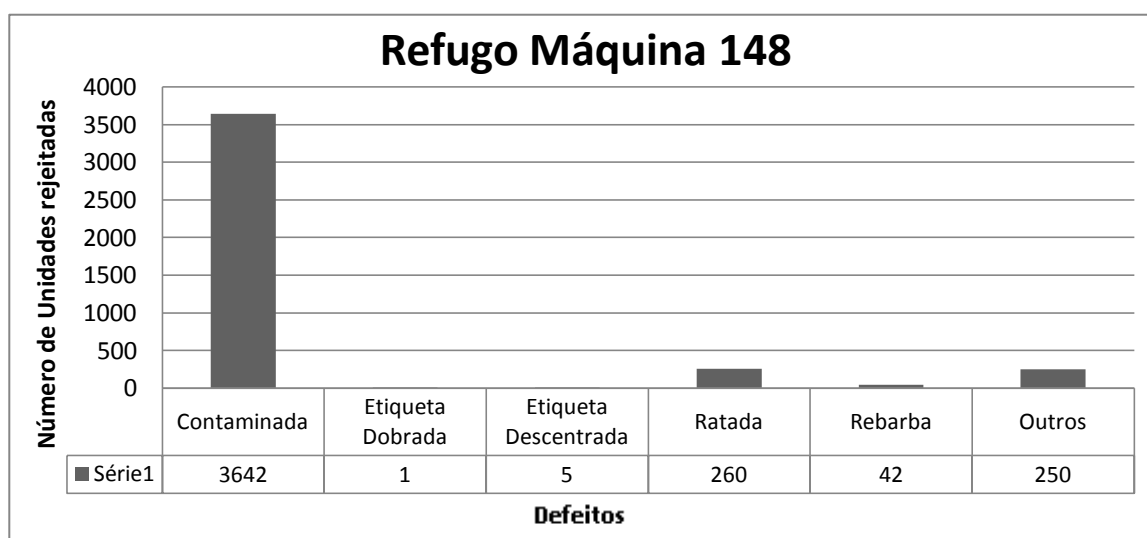


Figura 4.8: Gráfico do refugo de duas semanas da máquina 148

Nos gráficos podemos identificar os principais defeitos recorrentes de cada máquina. Sabemos que duas semanas de estudo é pouco, no entanto acreditamos que para fazer salientar os principais defeitos, ou seja, aqueles que ocorrem mais vezes, é suficiente.

Lembro que na máquina 150 não foi necessário fazer recolha de dados, pois já tinha sido identificado qual o defeito recorrente.

#### 4.2.2. Cartas de Controlo

Cartas de controlo, são um tipo de gráfico utilizado no acompanhamento de processo, e das suas variações. São utilizadas para identificar e distinguir as causas comuns, intrínsecas ao processo, e as causas especiais, aleatórias.

As causas comuns relacionam-se ao funcionamento do próprio sistema, as causas especiais reflectem a ocorrência fora dos limites de controlo, como por exemplo a falha humana ou a matéria-prima defeituosa.

As cartas utilizadas foram as cartas p, utilizadas quando temos uma percentagem de itens não conformes.

Foram elaboradas as cartas de controlo relativamente às 4 máquinas em estudo como mostra a Figura 4.9.

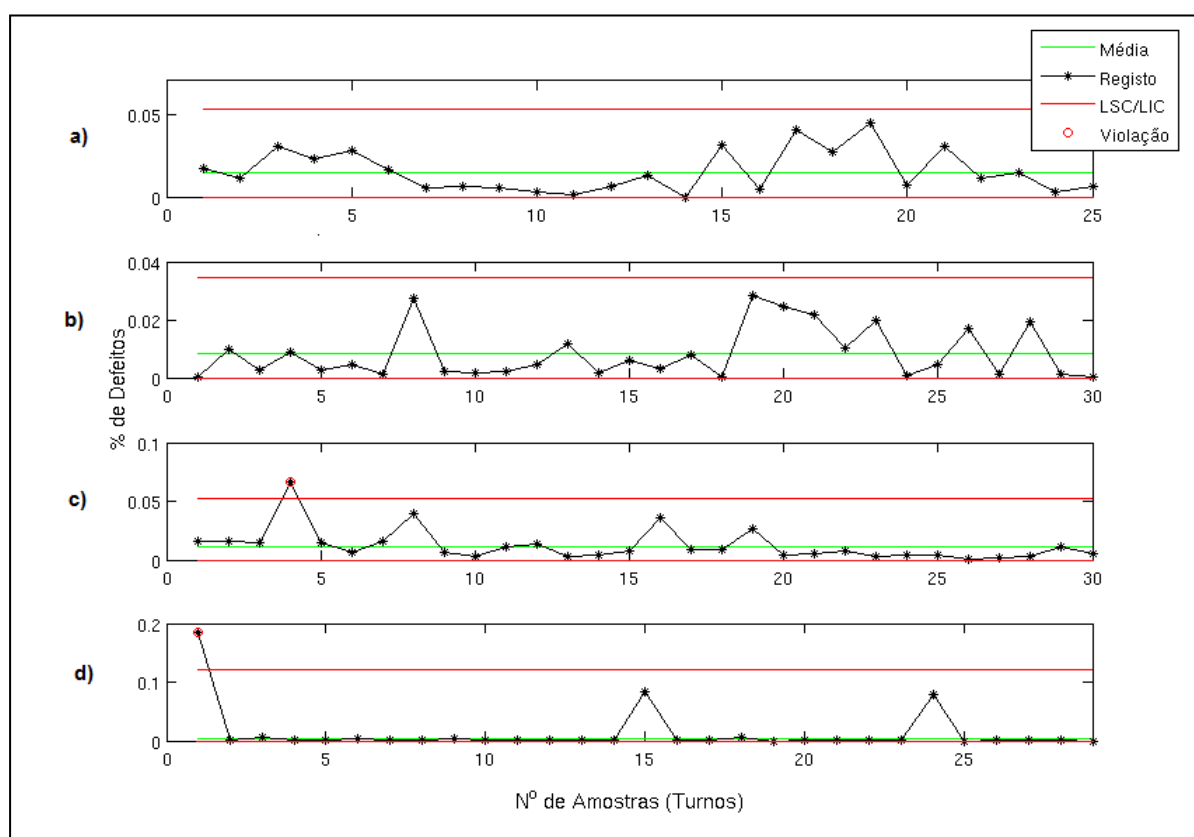


Figura 4.9: Cartas de Controlo p. a) Máq. 47; b) Máq. 94; c) Máq. 144; d) Máq. 148

Existem oito regras descritas no fim do segundo capítulo que nos indicam quando um processo está fora de controlo estatístico.

As oito regras:

1. Um ponto fora dos limites de controlo – Verifica-se na máquina 144 e 148
2. Nove pontos seguidos do mesmo lado da linha central – verifica-se na máquina 144
3. Seis pontos seguidos em sentido ascendente ou descendente – Não se verifica
4. Catorze pontos no sentido crescente ou decrescente alternadamente – Não se verifica;
5. Dois de três pontos consecutivos na zona A, do mesmo lado da linha central – Não se verifica;
6. Quatro de cinco pontos consecutivos na zona B ou A, do mesmo lado da linha central – Não se verifica;
7. Quinze pontos consecutivos na zona C – Não se verifica;
8. Oito pontos de ambos os lados da linha central, nenhum ponto na zona C -Não se verifica;

Após a análise das oito regras podemos verificar que os dados das máquinas 144 e 148 estão fora de controlo estatístico. Sabemos que a máquina 144 por vezes produz uma quantidade mais elevada do que o “normal” de unidades com o defeito de etiqueta em V, no entanto não sabemos identificar o porquê dessa variação.

Como já foi dito, a máquina 148 produz tampos e é a única no caso de estudo que utiliza masterbatch de cores diferentes. No gráfico Figura 4.9 d), podemos ver que sobressaem três pontos, um deles encontra-se mesmo fora de controlo estatístico. Verificou-se que os picos ocorreram nos turnos em que houve troca de masterbatch na máquina. Após a troca de masterbatch, verifica-se uma maior contaminação na produção ao longo do turno, são produzidas muito mais unidades contaminadas do que num dia de produção sem trocas de master. Ficam acumulados na máquina “restos” de masterbatch da cor produzida anteriormente.

Na fase Analisar e Melhorar tentaremos compreender o porquê do aparecimento destas causas especiais assim como corrigir estes desvios.

### 4.3. Analisar

Nesta fase foram avaliadas as causas para cada problema prioritário. Começámos por reunir a equipa, e, através da informação recolhida num *Brainstorming* foram efectuados diagramas causa-efeito com o objectivo de se entender as possíveis causas. Após a recolha de dados e organização dos mesmos, conseguimos identificar os vários problemas recorrentes de cada máquina e assim chegar a um plano de acção.

Se representarmos por “Y” o problema prioritário e por " $x_1, x_2, x_3 \dots, x_n$ " os elementos do processo gerador desse problema, então podemos dizer que na etapa “Analisar” a equação  $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  deverá ser resolvida. Solucioná-la significa determinar quais são os x's do processo que mais afectam o desempenho de “Y”. Estes x's são então as causas fundamentais do problema que tentamos descobrir.

A metodologia da fase de “Análise” foi igual para todas as máquinas:

1. Diagrama de Pareto;
2. Brainstorming;
3. Diagrama Causa-Efeito (Ishikawa ou espinha de peixe);
4. Plano de acção;

Nesta fase chegámos a várias causas que considerámos possíveis, e na fase de melhoria testámos a fim de verificar se as nossas suposições estavam ou não correctas. As fases de análise e melhoria por vezes misturaram-se, é necessário testar as hipóteses para se saber qual é realmente a causa do problema.

É nesta fase de Análise que é necessário apresentar um mapeamento do processo mais completo (Figura 4.10), com o objectivo de facilitar o entendimento do processo e tornar possível a análise das causas de cada problema raiz.

A Figura 4.10 mostra-nos todas as etapas desde a chegada das matérias primas, Masterbatch, pp e etiquetas e até à produção e expedição do produto.

Foram elaborados vários diagramas de Ishikawa, um para cada defeito prioritário que mais tarde foram adaptados para planos de acção.

Para atingir um objectivo, uma meta, é necessário agir, realizar uma ou várias acções. É necessário definir uma data para a conclusão, um prazo, como tal foi criado um plano de acção bem definido para cada máquina como podemos ver mais abaixo.

Foi necessário o entendimento por parte de todos os envolvidos, que possuíssem competências e conhecimentos para a solução dos problemas, que participassem com ideias, sugestões, e, finalmente, os indivíduos deviam estar motivados e empenhados em melhorar o processo.

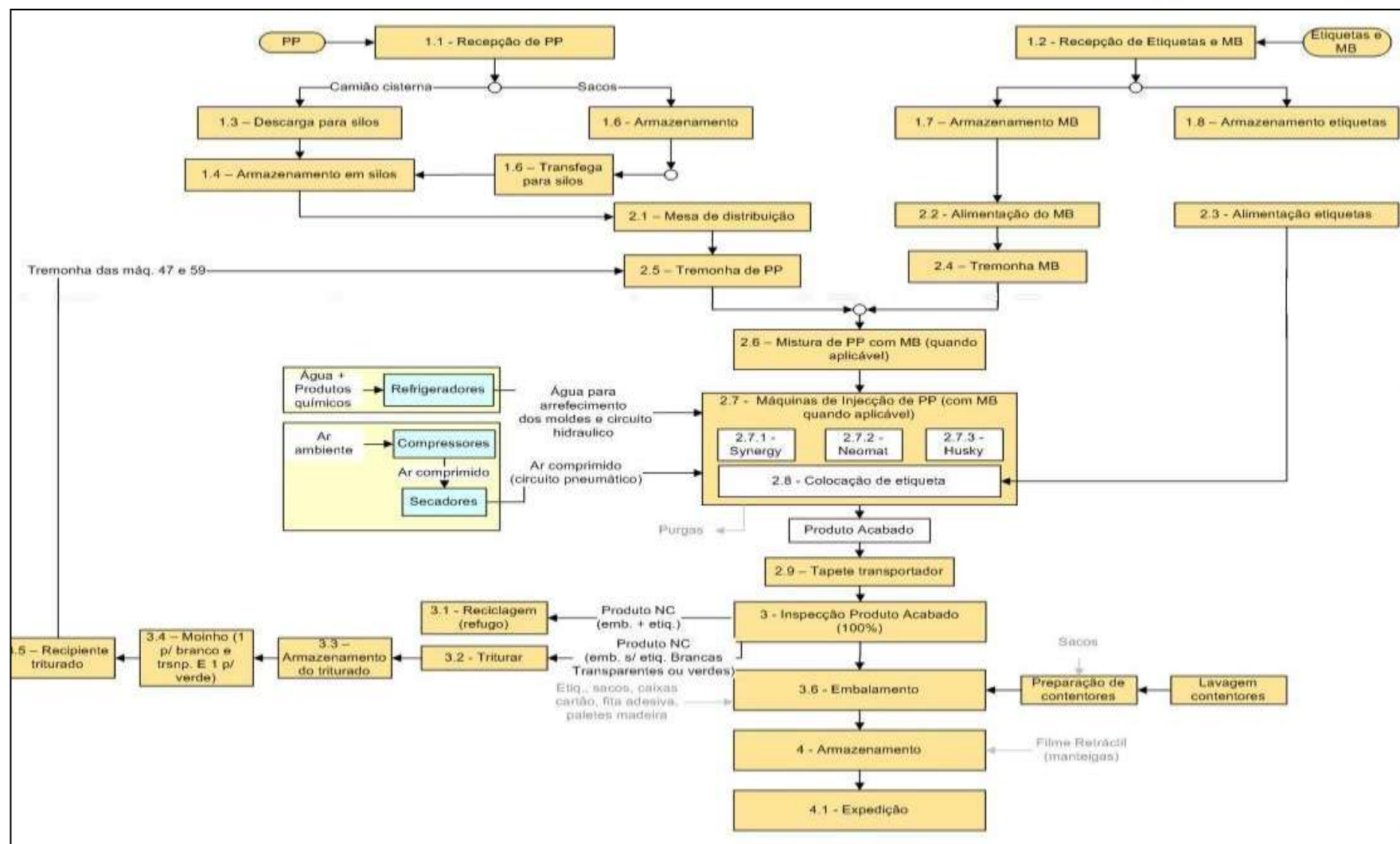


Figura 4.10: Mapeamento do processo.



## RESULTADOS PRÁTICOS

### Máquina 47

O Diagrama de Pareto, Figura 4.11, mostra que 70,04% da rejeição de unidades foi devido ao aparecimento de contaminação, pelo que será sobre este defeito que nos iremos debruçar.

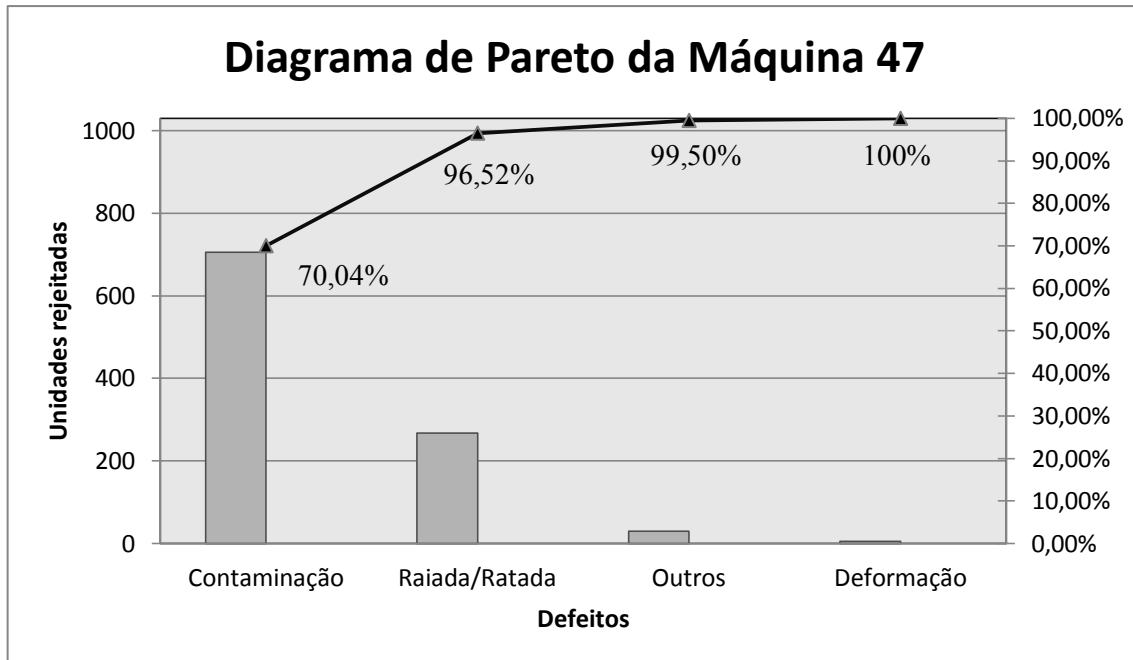


Figura 4.11: Diagrama de Pareto da máquina 47

Após a verificação do defeito prioritário, o mesmo foi analisado. Através de um *brainstorming* com a participação de todos os elementos da equipa foram geradas várias possíveis causas para o problema prioritário em causa – contaminação.

### CONTAMINAÇÃO

Para além da contaminação habitual encontrada em produção, tal como mostra a Figura 4.12, esta máquina é a única a utilizar PP triturado.



Figura 4.12: Exemplo de contaminação

Durante a produção, as embalagens brancas (sem etiqueta) que são rejeitadas nos arranques das máquinas e acertos de processo vão para um caixote para serem reaproveitadas, recicladas. São depois trituradas e este PP triturado é utilizado na produção de embalagens brancas da máquina 47.

Muitas vezes esse PP triturado vem contaminado devido ao lixo que é triturado junto com as embalagens, embalagens sujas que são trituradas,...

Chegámos à conclusão que não havia uma rotina definida para triturar estas embalagens, e que tal era essencial.

Na reunião realizada chegámos à conclusão que seria possível corrigir, ou diminuir muito, o número de defeitos causados pelos problemas de fecho de molde que a máquina tem apresentado, pelo que ficou decidido realizar uma manutenção na máquina com o objectivo de avaliar o resultado.

## PROBLEMAS DE FECHO DO MOLDE

Ao fechar o molde este abre ligeiramente, poucos milímetros, no entanto é o suficiente para provocar unidades com rebarba e raiadas, Ver Tabela 6.2.

- Rebarbas pois ao abrir deixa escapar mais material do que o programado;
- Raiados pois para a máquina funcionar e corrigir a abertura do molde é necessário reduzir a velocidade de injeção o que faz com que o material ao entrar mais devagar vá solidificando de forma não homogénea e deixando marcas.

Depois de discutidas as várias hipóteses foi criado o seguinte quadro com as hipóteses a serem testadas.

Tabela 4.12: Relação entre os defeitos e possíveis causas da máquina 47

Defeito	Causa
Contaminação	<p>PP contaminado:</p> <p>Testar a utilização de outra marca de PP;</p> <p>Criar procedimento de limpeza da máquina.</p>
	<p>PP Triturado contaminado:</p> <p>Criar rotina para triturar embalagens, como horário fixo e definir um operador responsável;</p> <p>Sensibilizar operadores para não colocar no caixote embalagens sujas de óleo, com etiquetas nem lixo, como fita-cola, fita amarela das caixas, nem etiquetas soltas;</p> <p>Colocar no triturador uma embalagem de cada vez evitando que vá lixo escondido entre embalagens.</p>
Problemas no fecho do molde	<p>Furos e Rebarba:</p> <p>Ajustar as colunas e rodá-las em 180°, a máquina passa a trabalhar com maior força de fecho.</p>
	<p>Raiados:</p> <p>Ajuste da velocidade de injeção.</p> <p>Depois de corrigido o problema de fecho do molde já é possível aumentar a velocidade de injeção e assim solucionar o problema dos raiados.</p>

#### 4.3.1. Máquina 94

O diagrama de Pareto abaixo, Figura 4.13, permite-nos verificar que o defeito prioritário da máquina é o de etiqueta descentrada, tendo uma percentagem de 32,28% relativamente aos restantes defeitos.

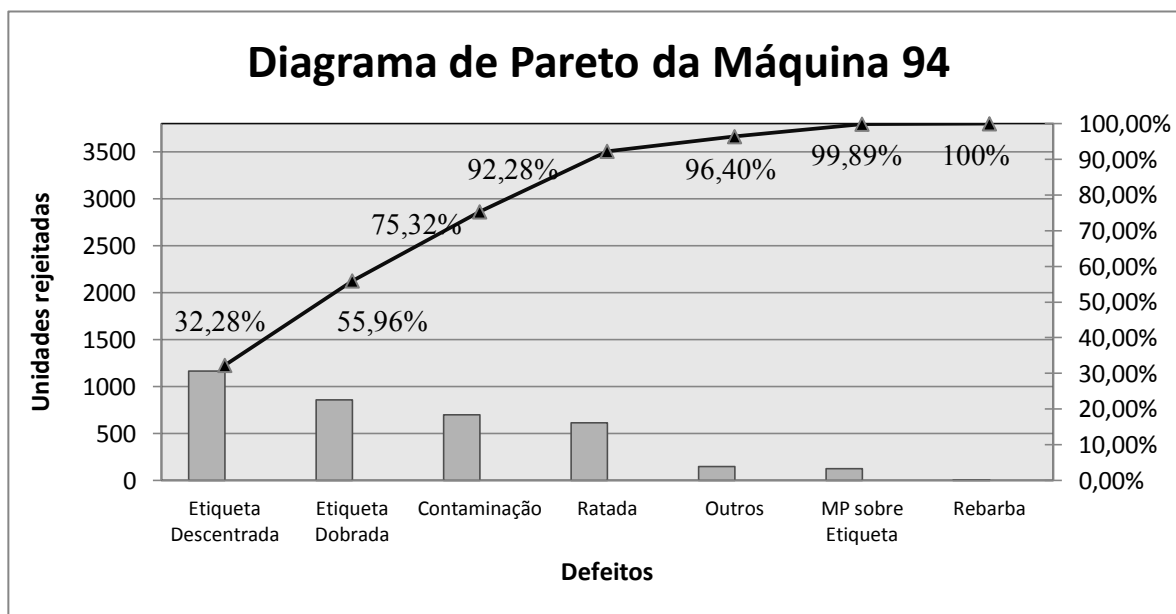


Figura 4.13: Diagrama de Pareto da máquina 94

#### ETIQUETA DESCENTRADA

Nesta máquina verificou-se a existência de problemas de etiqueta, aparecimento de muitas unidades com etiqueta descentrada.

Constatou-se que muitas vezes as etiquetas têm problema de *curling*. *Curling* –etiquetas “encaracoladas” devido à humidade na sala não ser controlada, acontece muito quando as etiquetas estão nos magazines à espera que o robot as retire e as coloque no molde, ver Figura 4.14. Nesta figura vê-se as etiquetas “abauladas” nos magazines, sendo que os varões que se vêem são os que permitem que a etiqueta não oscile.



Figura 4.14: Exemplo de etiquetas com *curling* nos magazines

Um dos problemas poderá ser a incompatibilidade das dimensões da etiqueta e o seu ajuste nos magazines. Sabemos que neste momento as etiquetas das embalagens de 250g vêm com pó, o que danifica as esponjas dos *dummy cores*, parte do robot que leva a etiqueta até ao molde. Sabemos ainda que devido ao facto da sala de produção não ser climatizada as etiquetas podem sofrer alterações devido a variações de temperatura e humidade, fazendo com que o robot "agarre" mal na etiqueta, que as etiquetas se colem umas às outras ou que a etiqueta escorregue do molde.

O diagrama de Ishikawa abaixo apresenta o resultado do brainstorming entre os elementos da equipa.

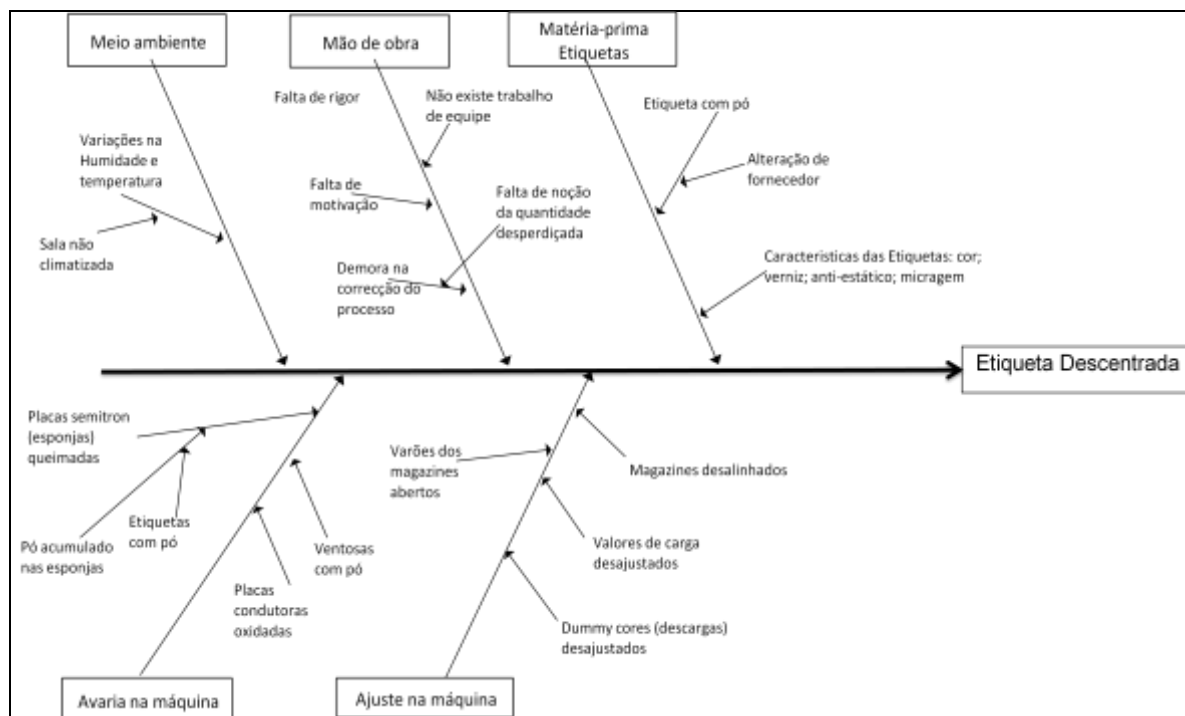


Figura 4.15: Diagrama de Ishikawa para etiqueta Descentrada da máquina 94

Depois de resumido o diagrama apresentado acima chegámos às seguintes possíveis razões:

- Dimensões da etiqueta e o seu ajusto nos magazines;
- Etiquetas com pó;
- Esponjas queimadas (devido a pó das etiquetas acumulado).
- Varões dos magazines desajustados, podem estar demasiado abertos;
- Valores de cargas desajustados;

## CONTAMINAÇÃO NO BICO DE INJEÇÃO

Embora o Diagrama de Pareto nos mostre que não é um defeito relevante nesta máquina, resolvemos analisar por acharmos que seria de fácil resolução e por ser se tratar de uma situação nova. Este defeito é resultante do entupimento no ponto de injeção com contaminação quando a máquina está a injectar o material no molde. Ao entupir e não deixar passar todo o material programado faz com que falte material na embalagem e esta fique “ratada”, Figura 4.16. Uma das hipóteses para tal acontecer é o facto de a máquina estar a trabalhar com temperaturas muito altas.

A Figura 4.16 a) e b) mostra uma embalagem com contaminação no ponto de injeção, daí o ponto preto que se vê na figura a).

Na alínea bem podemos ver o resultado desse entupimento, ficando a unidade ratada.

A Figura 4.16 c) mostra uma embalagem sem defeito para comparação.

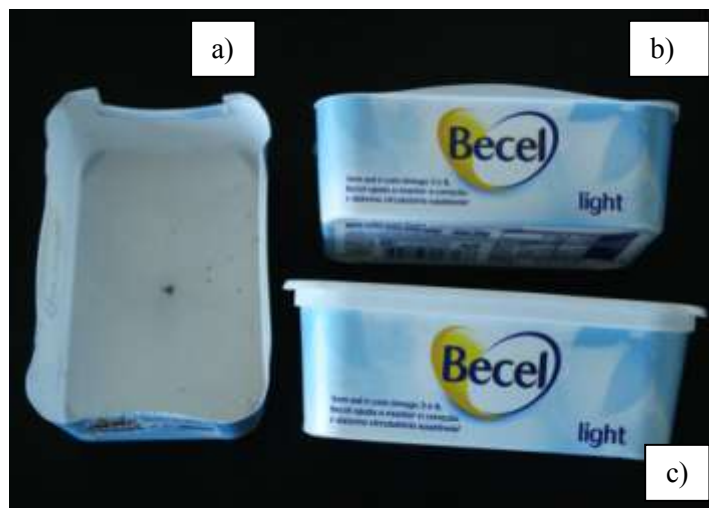


Figura 4.16: Embalagem com ponto de injeção entupido

### 4.3.2. Máquina 144

O Diagrama de Pareto na Figura 4.17 mostra-nos que o defeito prioritário desta máquina é o defeito de etiqueta em V, ou matéria-prima sobre etiqueta.

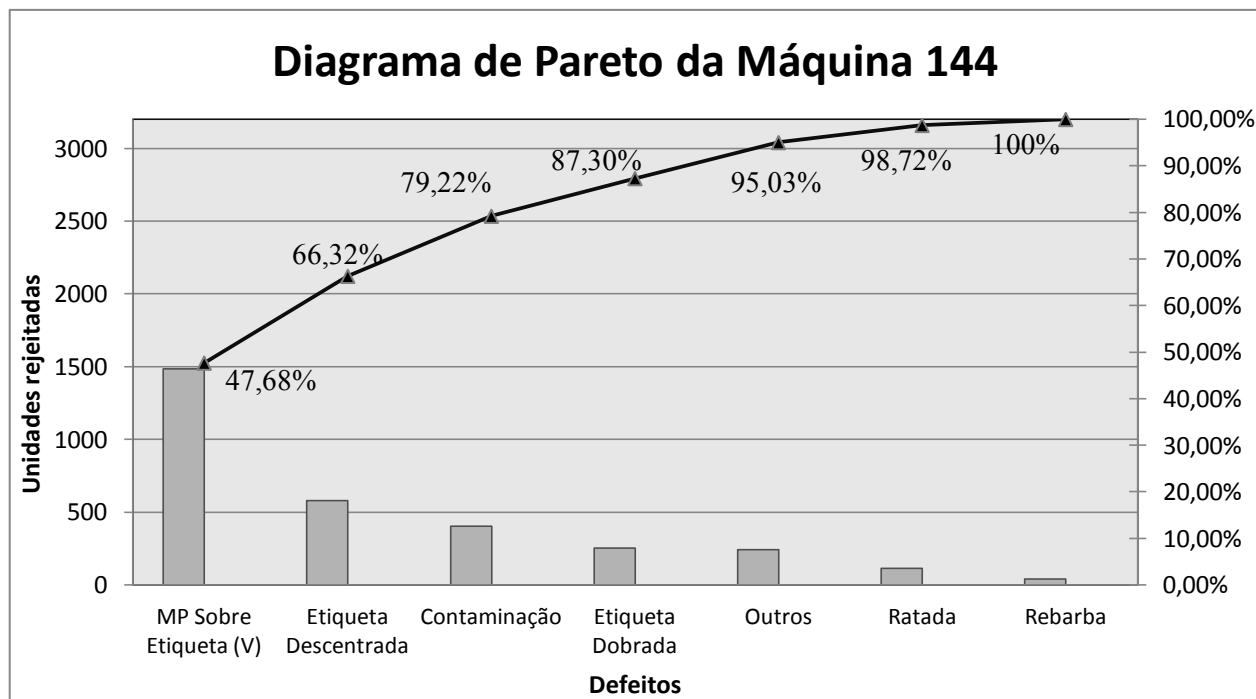


Figura 4.17: Diagrama de Pareto da máquina 144

#### ETIQUETA EM V

O canto da etiqueta é forçado a dobrar para dentro do material, do PP, quando este é injectado no molde dando o efeito mostrado na Figura 4.18.



Figura 4.18: Exemplo de embalagens com o defeito de etiqueta em V

Pode haver várias razões para que tal aconteça ou mesmo um conjunto de razões. Através das reuniões de grupo foi realizado o diagrama de Ishikawa da Figura 4.19 que depois de analisado deu origem à Tabela 4.13 da página seguinte.

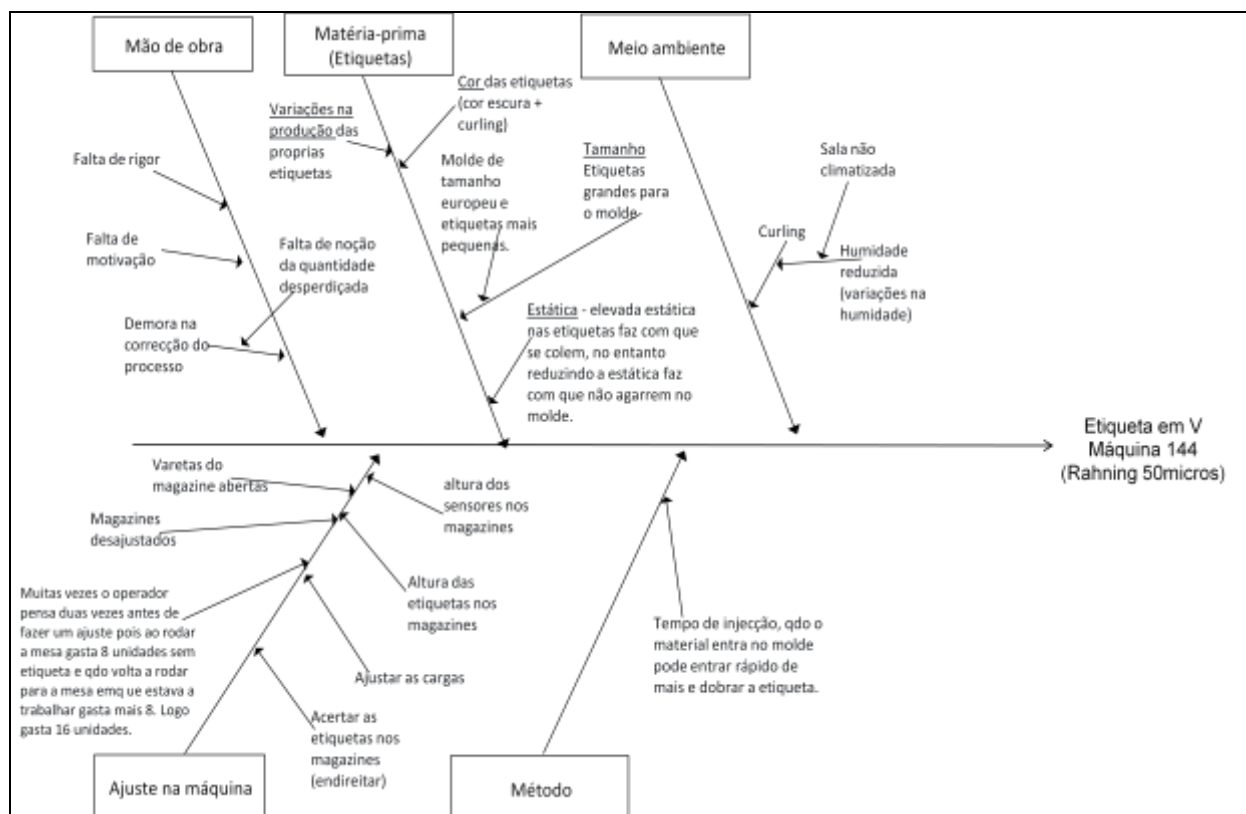


Figura 4.19: Diagrama de Ishikawa da etiqueta em V da máquina 144

Após uma análise mais detalhada ao diagrama de Ishikawa gerado, concluiu-se que:

Poderá resultar das variações da humidade e temperatura, estas fazem com que o robot "agarre" mal na etiqueta, que as etiquetas se colelumas às outras ou que a etiqueta escorregue do molde. Todas as fábricas que trabalham com IML deveriam ter a sala climatizada para que não ocorram estas variações que são sempre más para as etiquetas.

A estática aplicada às etiquetas está relacionada com a humidade da sala. Etiquetas com pouca estática escorregam do molde. Foram encomendadas para teste etiquetas com mais estática, no entanto este aumento de estática levou a que as etiquetas ficassem coladas umas às outras nos *magazines*, quando o robot (ou pick up label) as ia buscar por vezes a de baixo ficava colada à de cima. Foi necessário realizar nova encomenda com um valor de estática intermédio para teste.

A velocidade de injeção no molde pode estar muito rápida e fazer com que o material entre muito rápido no molde e force a etiqueta a dobrar.

E por ultimo, o que pensamos ser o principal problema é o facto de que o molde desta máquina não tem o tamanho *standard* europeu, no entanto as etiquetas utilizadas têm. É necessário



reduzir o tamanho das etiquetas para a realização de testes, e ainda testar etiquetas com ligeiras alterações na sua forma e tamanho para que fique mais compatível com o molde da fábrica.

Tabela 4.13: Relação entre os defeitos e possíveis causas da máquina 144

Defeito	Causas
Etiqueta em V	Variações da humidade e temperatura causam problemas de etiquetas
	Etiquetas com o tamanho padrão Europeu, no entanto são grandes de mais para o molde em questão pois o molde não tem o tamanho <i>standard</i>
	Velocidade de injeção (do PP no molde) muito rápida
	Não existem valores que possam ser seguidos quanto aos parâmetros de temperatura humidade e carga..

### 4.3.3. Máquina 148

No diagrama de Pareto referente à máquina 148, Figura 4.20, identificámos a contaminação como o defeito mais recorrente da máquina, apresentando uma percentagem de 86,7%.

Os restantes defeitos não revelam interesse no estudo.

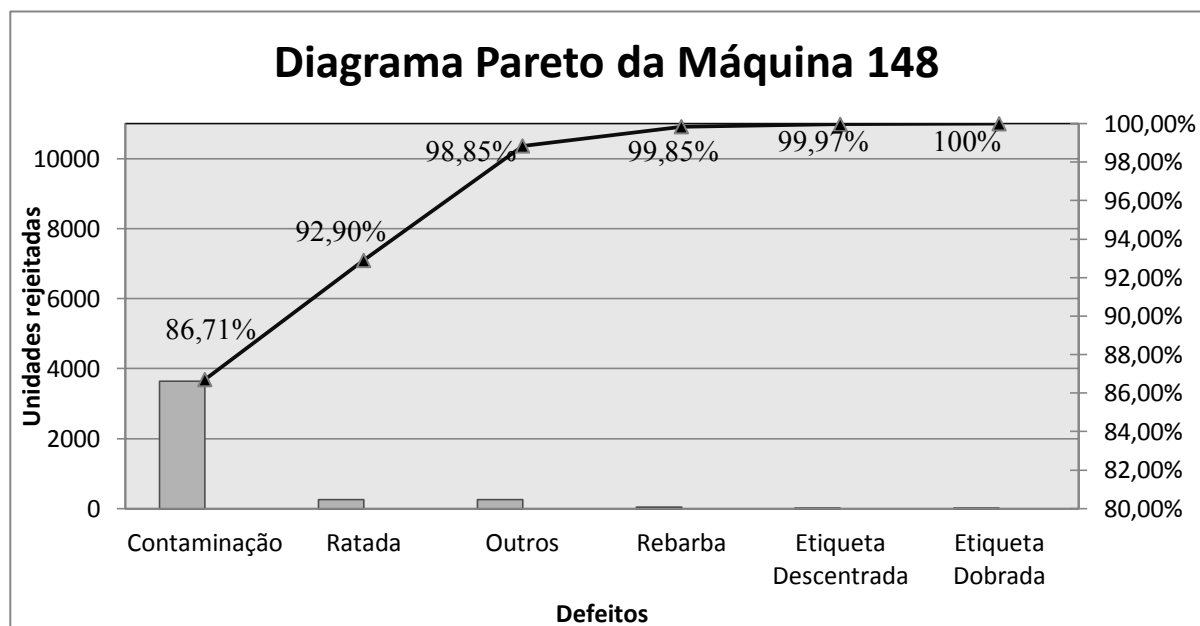


Figura 4.20: Diagrama de Pareto da máquina 148.

### CONTAMINAÇÃO

Sabendo que nesta máquina a maioria das unidades foram rejeitadas por contaminação, será sobre este defeito que nos vamos debruçar.

A máquina produz sempre com o mesmo PP no entanto com diferentes *masterbatch*, pois produz tampos de diferentes cores. As máquinas de tampos gastam uma enorme quantidade de Kg de PP tanto nas trocas de pigmentos como nos arranques das máquinas à segunda-feira. A produção termina à sexta-feira ou ao sábado (conforme as necessidades/encomendas) e recomeça à segunda-feira, trabalhando o resto da semana ininterruptamente, pelo que as limpezas são feitas à segunda-feira no primeiro turno e sempre que são necessárias trocas de *masterbatch*.

Esta máquina produz muitas unidades contaminadas ao longo da semana, pois a máquina não fica bem limpa e contamina com “pintas dos restos” dos outros corantes que ficam acumulados no fuso.

Foi realizada o Diagrama de Ishikawa, relativamente à contaminação desta máquina, Figura 4.21, através de um *brainstorming* da equipa.

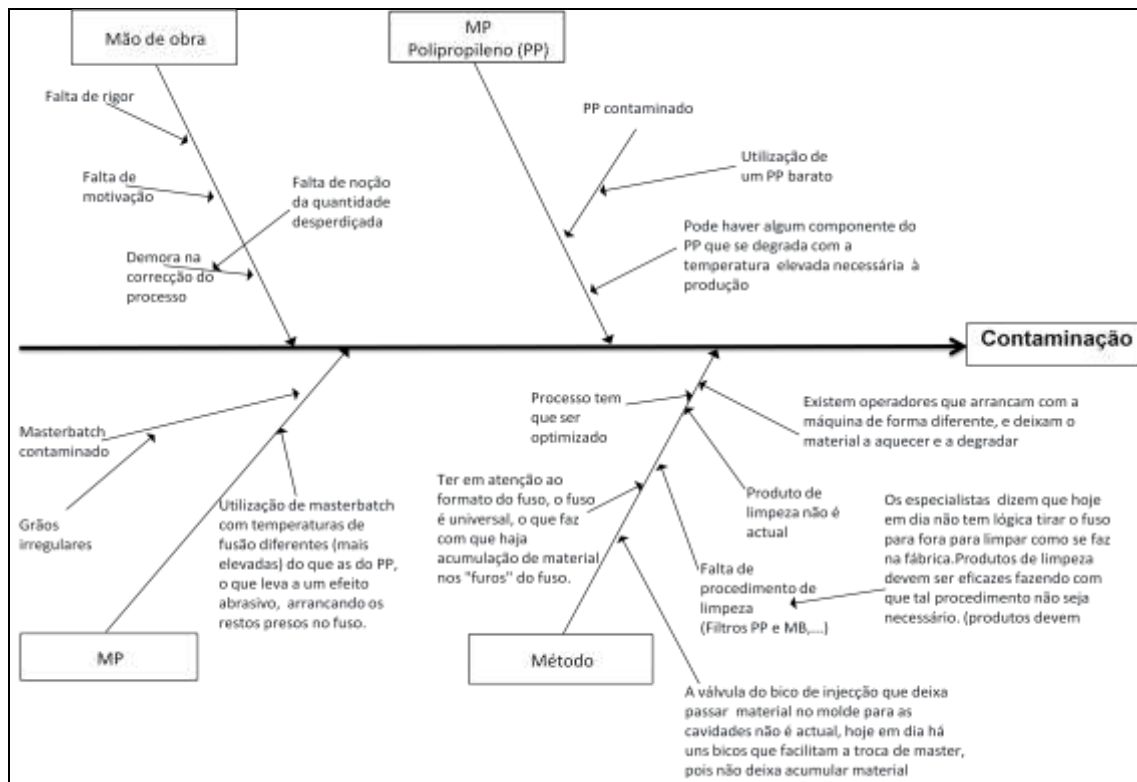


Figura 4.21: Diagrama de Ishikawa para a contaminação da máquina. 148

São várias as hipóteses que devemos estudar para que consigamos diminuir a contaminação nesta máquina. A Tabela 4.14 apresenta os tópicos que considerámos necessários avaliar na fase seguinte.

Tabela 4.14: Relação entre defeitos e possíveis causas da Máquina 148

Defeito	Causas
Contaminação	PP contaminado;
	MB contaminado;
	Utilização de masterbatch com temperaturas de fusão diferentes (mais elevadas) do que as do PP, o que leva a um efeito abrasivo, arrancando os restos de material presos no fuso;
	Falta de procedimento de limpeza como limpeza de filtros (do PP e do MB) – No momento cada operador realizava o seu procedimento.
	Produto de limpeza da máquina desactualizado.
	Má programação da produção, é necessário ter em conta as cores do masterbatch que estão a produzir bem como a melhor sequência.
	Bicos de injeção sem capas de troca rápida deixam acumular mais masterbatch.

#### 4.3.4. Máquina 150

A máquina 150 apresentava um elevado valor de refugo, no entanto não foi necessário efectuar a recolha de dados, pois já se sabia à partida qual era o seu defeito recorrente. Esta máquina tinha problemas de etiqueta, nomeadamente etiqueta dobrada como mostra a Figura 4.22.

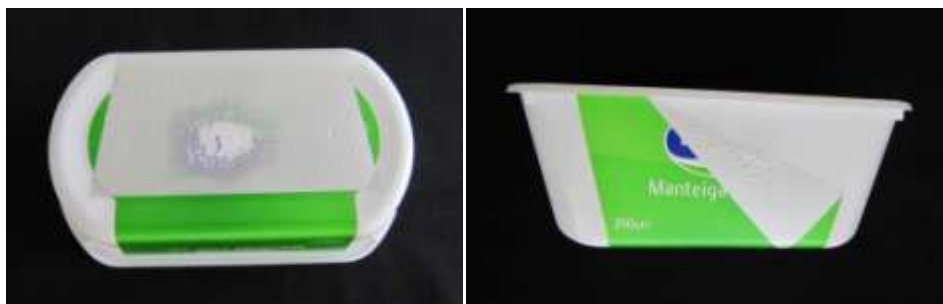


Figura 4.22: Defeito de Etiqueta dobrada

Após a verificação do defeito recorrente foi analisado a melhor forma de o corrigir. Chegou-se à conclusão que deveriam ser testadas duas alternativas:

- Aumento do tempo de ciclo da máquina, ao reduzir a velocidade do robot a etiqueta talvez já ficasse direita no molde não ficando dobrada;
- Uma outra alternativa seria testar etiquetas mais grossas, com uma maior micragem.

#### 4.3.5. Análise relativa a todas as máquinas:

Através da análise do funcionamento das máquinas chegámos à conclusão que para além das melhorias a ser efectuadas em cada máquina deveria ainda haver alterações em relação à atitude dos operadores e a restantes intervenientes.

- Distinguir operadores de embaladores com o objectivo de dar valor e motivar aqueles que se esforçam mais e que para além de embalar estão atentos, conhecem a máquina e se esforçam para que esta esteja a trabalhar em condições;
- Motivar para que estejam mais atentos e sejam mais rápidos nas correcções evitando o desperdício;
- Chamar a atenção de operadores e chefes de turno para os valores (Kg) de desperdício;
- Reforçar a importância da equipa – Envolver mais os chefes de turno;
- Operadores e chefes de turno devem passar informações relevantes da máquina e seus problemas ao turno seguinte;
- Perceber porque é necessário os operadores ajustarem tantas vezes a mesa.

#### 4.4. Melhorar

Depois de analisadas mais a fundo as várias hipóteses anteriormente propostas, foram testadas e implementadas as soluções que considerámos mais importantes.

No final desta teremos um quadro com o plano de acção que foi seguido e o seu impacto.

##### 4.4.1. Máquina 47

###### CONTAMINAÇÃO

###### Melhorias:

Não foi possível no tempo de estudo que tínhamos disponível implementar melhorias.

###### PROBLEMAS DE FECHO DO MOLDE

Relativamente aos defeitos causados por problemas de fecho do molde foi necessário parar a máquina uns dias para a equipa de manutenção avaliar e tentar corrigir o problema.

A máquina tem quatro colunas que permitem à parte móvel do molde abrir e fechar, o que foi feito foi:

- Verificar as folgas das roscas, verificou-se que tinham respectivamente: 0,3mm; 0,3mm; 0,5mm; 0,7mm, de futuro vão ser colocadas anilhas de modo a conseguir ajustar as folgas, de momento apenas foram ajustadas as porcas e as colunas foram rodadas em 180°, pois já estavam a ficar deformadas.



Figura 4.23: Colunas da máquina 47 que foram rodadas.

###### Melhorias:

Houve melhorias mas não muito significativas pois este defeito não era o defeito prioritário da máquina.

#### 4.4.2. Máquina 94

##### ETIQUETA DESCENTRADA

Foram tomadas medidas com o fornecedor de etiquetas de modo a melhorar o centramento das mesmas. Foram ainda alterados os fusos dos empilhadores nos magazines de modo a que a etiqueta não oscile.

Foi eliminado por completo o problema de Curling com a climatização da sala de produção.

##### Melhorias:

Significativas.

##### CONTAMINAÇÃO NO PONTO DE INJEÇÃO

Relativamente à contaminação no ponto de injeção, tentou-se baixar as temperaturas da máquina gradualmente, para ver se ocorriam melhorias. Fomos avaliando o gráfico da pressão enquanto baixávamos ligeiramente os valores todos os dias de modo a verificar se não prejudicava a produção, no entanto, a diminuição de temperatura causou variações inesperadas na máquina e foi necessário voltar a colocar os valores originais. Não conseguimos obter resultados pois a máquina não comportou a diminuição dos valores das temperaturas.

##### Melhorias:

Nulas.

#### 4.4.3. Máquina 144

##### ETIQUETA EM V

Foram encomendadas e testadas etiquetas com uma diminuição de 2mm de cada lado da etiqueta no entanto o defeito em V continuou a aparecer. Resolveu-se testar com uma maior diminuição pelo que foram encomendadas etiquetas com uma diminuição de 6mm, mas o defeito manteve-se.

Mais tarde foi identificado um problema no molde que se pensou que poderia influenciar. Neste momento a empresa está a validar com a área técnica o desenvolvimento de uma etiqueta à medida do molde da fábrica.

##### Melhorias:

Ainda não foram obtidos resultados positivos, no entanto no momento continuam a ser realizados testes.

#### 4.4.4. Máquina 148

### CONTAMINAÇÃO

##### 1. Bicos de injeção:

Os bicos de injeção do molde deixavam passar PP e MB fazendo acumulação nos bicos de injeção, chegámos à conclusão com a ajuda da equipa de manutenção de que seria mais indicado colocar umas capas nos bicos de injeção como mostra a Figura 4.25. Os bicos de injeção mostrados na Figura 4.25 ficam localizados dentro do molde e são responsáveis pelo enchimento da cavidade do molde com material. A Figura 4.24 mostra a acumulação nos bicos de injeção que foi retirada quando os bicos foram limpos, o facto de os bicos ficarem com acumulação faz com que contamine ao longo da produção pois há sempre pedaços que se vão soltando.



Figura 4.24: Acumulação de material nos bicos de injeção.

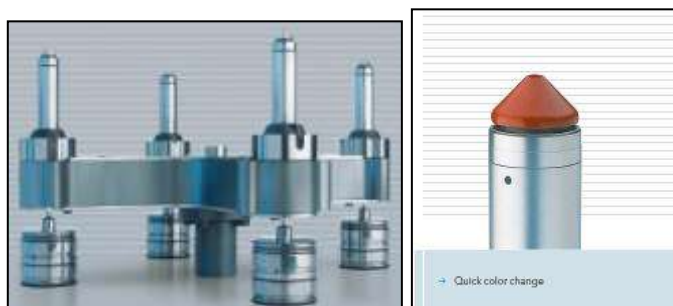


Figura 4.25: Capas de troca rápida para bicos de injeção.

## 2. Teste de produtos e procedimento de Limpeza

O produto de limpeza de fusos utilizado na fábrica pareceu-nos estar em desuso, para nos certificarmos se realmente estava foi realizado um estudo que incluía vários testes com produtos de limpezas e diferentes procedimentos.

Realizaram-se quatro testes nesta máquina, um sem limpeza no fuso e três testes com 3 produtos de limpeza diferentes, o produto em uso na fábrica e dois produtos novos.

Os três produtos foram:

- O produto em uso na fábrica, produto F.;
- Produto P.;
- Produto K..

Para a realização destes testes foi necessário definir critérios, era necessário que todos os operadores seguissem um mesmo procedimento de forma a diminuir o erro. Foi criada uma folha de procedimento, Figura 4.26. Esta folha com o procedimento ficou colada na máquina e foi explicada a todos os operadores, no entanto foi necessário a supervisão e esclarecimento por um membro da equipa.

## Procedimento de Limpeza da máquina 148

### Produto de limpeza

1. Desligar doseador antes de terminar a produção (garantir que fica suficiente para acabar a caixa).
2. Puxar a tremonha atrás;
3. Purgar todo o material que está dentro do fuso (caso esteja material);  
**Nota:** No arranque à segunda-feira o cilindro de injeção deve estar vazio e não é necessário efectuar o ponto 1.
4. Abrir o bico de injeção;



5. No funil colocar 1Kg de produto de limpeza *Wubor*;
6. Efectuar uma “purga automática” para garantir o preenchimento do cilindro de injeção;
7. Esperar 10 minutos (o tempo não pode exceder os 10 minutos);
8. Purgar todo o material dentro do fuso;
9. Colocar tremonha à frente;
10. Efectuar purgas até garantir “transparente” à boca do cilindro;
11. Ligar o Masterbatch;
12. Ligar as Etiquetas;

Figura 4.26: Procedimento de limpeza da máquina 148.



Primeiro foram realizados testes sem produto de limpeza. Estes testes foram importantes para a criação de critérios na limpeza das máquinas. Depois de terminada a produção o *masterbatch* era desligado e o PP virgem passava pelo molde produzindo tampos sem etiqueta, até que as unidades saíssem brancas e assim eliminar os “resto” de pigmento que ficam na máquina.

Esta hipótese ficou comprovada que gastava uma grande quantidade de PP tanto na limpeza, como nas unidades rejeitadas ao longo do turno de produção devido ao aparecimento de contaminação.

Outra hipótese excluída foi a utilização do produto P. Depois de comparado com o produto em uso na fábrica verificaram se resultados muito semelhantes pelo que não valia a pena trocar de produto.

Depois de excluir o produto P. e a hipótese de não se utilizar nenhum produto, foram realizados 10 dias de teste para cada um dos dois produtos que considerámos mais relevantes, o produto F. a ser utilizado na empresa e o produto K.

A Figura 4.27 apresenta o gráfico com as unidades contaminadas que foram rejeitadas ao longo da produção nestes 20 dias de teste. É necessário salientar que embora tenhamos tido o cuidado para produzir com os mesmos masterbatch e com as mesmas trocas (Ex: de verde para branco, dourado para branco) nem sempre foi possível, pois tínhamos que trabalhar atendendo às necessidades de produção da fábrica, no entanto o resultado foi tão significativo que penso que podemos ignorar esse erro.

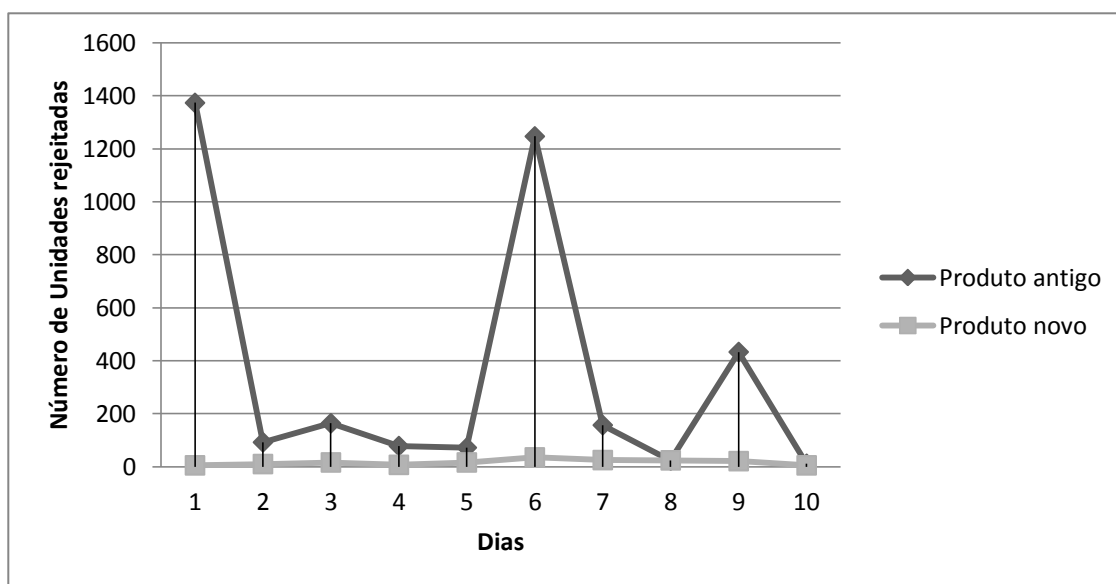


Figura 4.27: Teste comparativo de dois produtos de limpeza na máquina 148

O produto usado na fábrica apenas passava pelo fuso, não seguia para o molde como acontece com o PP ao produzir um tampo. O produto novo é feito para passar pelo molde e chegar à fase final como uma unidade produzida, no entanto testámos de igual forma ao produto em uso na fábrica, apenas a passar pelo fuso.

Uma das dificuldades neste momento foi o facto de não termos conseguido realizar um novo teste passando o produto pelo molde, e tal não foi possível por haver insegurança em relação ao procedimento por ser tratar de uma novidade e haver medo de danificar o molde embora a marca garanta que o produto é próprio para o efeito.

### 3. Teste troca de *masterbatch*

Há determinadas cores que são mais abrasivas, e que provocam contaminação durante mais tempo na produção depois de trocar o *masterbatch*. Realizámos um estudo para verificar quais as cores que causam mais desperdício na troca de pigmento. Quando o *masterbatch* é trocado é necessário produzir unidades sem etiqueta até estabilizar a cor e estas deixarem de sair amarelas até que sejam completamente transparentes.

A Figura 4.28 mostra na alínea a) o desperdício na troca de pigmento pois é necessário produzir tampos até que o pigmento utilizado anteriormente se esgote na máquina.

A Figura 4.28 b) mostra o produto de limpeza após passar através do fuso.



Figura 4.28: a) Desperdício na troca de pigmento; b) produto de limpeza após sair do fuso

### Melhorias:

As cápsulas que foram colocadas nos bicos de injeção para facilitar a troca de MB não tiveram impacto. A diminuição do refugo deve-se ao cumprimento do procedimento de limpeza com o novo produto K.

#### 4.4.5. Máquina 150

##### ETIQUETA DOBRADA

Para tentar corrigir o problema aumentaram-se os tempos de ciclo. O robot passou a andar mais devagar e assim verificou-se uma diminuição do aparecimento do defeito de etiqueta dobrada, mas, em contrapartida, o tempo de ciclo aumentou bastante, ocorrendo uma grande perda de produção.

Depois de se perceber que o aumento do tempo de ciclo não nos ajudava foram encomendadas etiquetas com uma maior espessura, etiquetas de 60µm. Verificou-se uma grande diminuição da percentagem de embalagens defeituosas e uma diminuição dos tempos de ciclo, o que permitiu aumentar a produção e permitiu que a produção dos cinco dias da semana fosse suficiente para atingir a produção planeada. Deixou de ser necessária a produção aos sábados, o que levou a um ganho financeiro elevado, pois a produção ao sábado é mais cara por serem consideradas horas extra.

Para atingir a produção planeada era necessário produzir aproximadamente mais 161.000 unidades que ficavam em falta, estas unidades eram divididas por três sábados no mês.

O custo da máquina estar a trabalhar ao sábado com dois operadores por turno (ou seja 6 operadores num dia) é de 750€ (por se tratar de horas extra).

- Um sábado a produzir na máquina 150 custa: 750€;
- Num mês poupam-se 3 sábados:  $3 \times 750 \text{ €} = 2.250 \text{ €}$
- Num ano poupa-se:  $12 \times 2.250\text{€} = 27.000\text{€}$

No segundo semestre de 2010 vai ser implementado um sistema de climatização na sala de produção, sistema esse que custa 22.000€, aproximadamente o dinheiro que se poupou com a redução do tempo de ciclo da máquina 150.

##### Custos:

- Não houve custos na alteração de micragem da etiqueta.

##### Ganhos:

- Diminuição do refugo;
- Diminuição nos gastos operacionais, mão-de-obra, matéria-prima, poupança em horas extras ao fim de semana;
- Diminuição do tempo de ciclo.

#### 4.4.6. Plano de acção relativo a todas as máquinas em estudo

A tabela seguinte, Tabela 4.15, mostra as acções que foram implementadas em todas as máquinas e os seus resultados.

Tabela 4.15: Plano de acção

Defeito		Causa	Acção	Status	Impacto
Máquina 47	Contaminação	PP contaminado	Testar a utilização de outra marca de PP	Concluído	Nulo
		Triturado contaminado	Sensibilizar operadores para que não seja colocado “lixo” entre as embalagens quando estas são trituradas	Não concluído	Não concluído
			Criar rotina para triturar as embalagens	Não concluído	Não concluído
	Problemas no fecho do molde	Rebarba	Ajustar as colunas e rodá-las em 180°, a máquina passa a trabalhar com maior força de fecho	Concluído	Positivo mas não muito significativo
		Raiados	Ajuste da velocidade de injeção. (depois de corrigida a rebarba a velocidade de injeção pode ser aumentada)	Concluído	Positivo mas não muito significativo
Máquina 94	Etiqueta Descentrada	<i>Curling</i>	Climatizar a sala de produção	Concluído	Positivo
		Centramento das etiquetas nos magazines	Alterar os fusos dos empilhadores dos magazines	Concluído	Positivo
			Alterar junto do fornecedor o centramento das etiquetas	Concluído	Positivo
	Contaminação no ponto de injeção	Temperatura da máquina elevada	Baixar gradualmente a temperatura da máquina	Concluído	Nulo

Máquina 144	Etiqueta em V	Variações da humidade e temperatura	Climatizar a sala de produção	Concluído	Em teste
		Etiquetas não são adequadas ao molde	Encomendar e testar etiquetas com tamanho reduzido em 0,2mm	Concluído	Irrelevante
			Encomendar e testar etiquetas com redução de tamanho em 0,6mm	Concluído	Irrelevante
			Encomendar etiquetas com novo desenho	Aprovado	Em teste
		Velocidade de injeção muito rápida	Testar alterar o tempo de injeção para 0,5s	Concluído	Nulo
		Não existem valores padrão a ser seguidos relativamente aos valores de temperatura, humidade e carga	Registar parâmetros nos dias em que a máquina não está a fazer o defeito de etiqueta em V e avaliar se é possível um padrão	Concluído	Nulo
Máquina 148	Contaminação	Troca de pigmentos	Instalar capas para os bicos de injeção	Concluído	Irrelevante
		Não existência de um procedimento de limpeza	Criar um procedimento de limpeza	Concluído	Significativo
		Produto de limpeza desactualizado	Testar novos produtos de limpeza e comparar com o actual	Concluído	Significativo
Máquina 150	Etiqueta dobrada	Robot com velocidade elevada	Aumento do tempo de ciclo	Concluído	Nulo
		Etiqueta com pouca micragem	Testar etiquetas com uma maior micragem	Concluído	Significativo

## **4.5. CONTROLAR**

Na fase anterior realizámos alguns testes e melhorias em cada máquina. As implementações efectuadas, devem, nesta fase ser avaliadas com o objectivo de confirmar o alcance do sucesso a longo prazo. Caso as metas sejam positivas é necessário padronizar as acções e transmitir aos elementos da fábrica os novos padrões a serem seguidos.

Deve ser criado um plano de controlo e alcance das metas bem como um plano de acções correctivas. Tendo em conta o tempo limite que tínhamos, os seis meses de estágio, algumas das acções da fase anterior ficaram por testar/implementar. Numa empresa grande as decisões levam tempo, assim como as encomendas de novas matérias-primas também demoram. Por essas razões não foi possível fazer novas avaliações relativamente ao defeito por máquina como foi realizado na fase medir, no entanto seria útil para comprovar as melhorias.

Foram nesta fase comparados os valores de refugo de cada máquina em estudo, em Dezembro de 2009 e em Dezembro de 2010. Comparámos ainda com os valores que foram calculados no início do estudo e que tínhamos como objectivo. Estes valores foram retirados do software SAP, utilizado na fábrica. Na Tabela 4.16 da página seguinte podemos ver esta comparação. Através da tabela podemos constatar que apenas a máquina 150 cumpriu os objectivos a que nos proponhamos a alcançar, no entanto verifica-se uma melhoria, embora pequena, nas restantes quatro máquinas.

Contatamos pelo valor do refugo total das cinco máquinas que atingimos o nosso objectivo.

Tabela 4.16: Comparação do nível Sigma inicial, objectivos e final

Máquinas	Dezembro de 2009			Objectivos para Dezembro de 2010			Dezembro de 2010		
	% Refugo	DPMO	Nível Sigma	50% do Refugo de Dez de 2009	DPMO	Nível Sigma	% Refugo	DPMO	Nível Sigma
Máquina 47	1,51%	15134	3,67	0,76%	7567	3,93	1,11%	11258	3,78
Máquina 94	1,41%	14080	3,7	0,70%	7040	3,96	0,81%	8125	3,90
Máquina 144	2,36%	23553	3,49	1,18%	11776	3,76	1,06%	10613	3,80
Máquina 148	0,69%	6902	3,96	0,35%	3451	4,2	0,46%	4649	4,10
Máquina 150	0,90%	8979	3,87	0,45%	4490	4,11	0,34%	3360	4,21
Total 5 Máquinas	1,093%	10933	3,79	0,55%	5467	4,05	0,54%	5445	4,05
Total fábrica	0,95%	9500	3,85	0,50%	4750	4,09	0,66%	6584	3,98





## Capítulo 5 – CONCLUSÃO E DISCUSSÃO

---

Optei pela realização de um estágio pois achei que seria uma experiência mais enriquecedora. A minha integração na fábrica começou com a apresentação, feita pela a eng. X., ao resto da equipa com quem iria trabalhar nos seis meses seguintes.

O trabalho desenvolveu-se através do convívio diário e esquematização do que era proposto fazer, até à sua posterior execução.

O estágio deu-me a noção do que é tentar pôr na prática, a teoria aprendida. Ensinou-me que a maior dificuldade está nas interferências das rotinas já instaladas. Aprendi que vale a pena não desistir, e que custa mudar. Senti que o trabalho exigiu de mim um grande esforço, não só para criar uma ligação em que todos se interessassem e colaborassem, como comigo própria perante as dificuldades que iam aparecendo. Cada elemento da equipa tem uma função na fábrica, uma das dificuldades foi incentivar cada um a contribuir com o seu conhecimento.

Apercebi-me melhor do funcionamento de uma fábrica, das máquinas, custos e poupanças, e do trabalho desgastante de algumas rotinas.

Não se tratou de um projecto Seis Sigma convencional no sentido em que não houve uma estrutura meso-paralela totalmente dedicada ao estudo. Para além do estudo, os elementos da equipa tinham as suas tarefas do dia-a-dia.

O objectivo proposto foi alcançado, apesar de quatro das máquinas não terem chegado aos valores propostos. Ficaram testes por fazer e acções por validar. Numa empresa grande as decisões levam tempo, e as encomendas de novas matérias-primas também. No caso da máquina 144, estão agora a ser testadas etiquetas adequadas ao molde.

O ciclo DMAIC é, como o próprio nome indica, contínuo. Sempre que se percorrem as cinco fases e se chega ao final ele deve voltar a ser iniciado de modo a haver uma melhoria contínua do processo, e assim um aumentando do nível Sigma. O mesmo deve acontecer na fábrica, para além das acções que ficaram por testar/implementar pretende-se, que de tempos a tempos, se volte a implementar a metodologia DMAIC para que aos poucos se consiga ir aumentando o nível Sigma da mesma, mantendo a empresa competitiva no mercado.

Apesar deste trabalho estar a ser apresentado a este tempo de distância, todos os resultados obtidos, e os caminhos percorridos para os alcançar, foram sabidos em tempo real pela fábrica.

Guardo este estágio como uma experiência enriquecedora, não só por me ter sentido capaz de lidar com o facto de ter que organizar a equipa, como com o observar de melhorias positivas, tanto para a fábrica, menos custos, como para o cliente, maior rapidez/qualidade no produto recebido.

Um último obrigado à fábrica, por ter aceite este meu estágio e por toda a colaboração.



## Capítulo 6 - BIBLIOGRAFIA

---

- Aguiar, S. (2002). *Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao programa Seis Sigma. Volume 1*. Belo horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial.
- Aldred, K. (1998). Baldrige Award recognizes four U.S. companies. *IIE Solutions* 30 (3) , 8.
- Anbari, F. T. (2002). Six Sigma method and it's application in project management. *Proceedings of the project management institute annual seminars and symposium [CD]* (pp. Oct 3-10). San Antonio, Texas: Newton Square, PA.
- Antony, J. (2006). Six Sigma for Services Processes. *Business Processes Management Journal*, Vol.12 Nº2 , 234-248.
- Antony, J., & Banuelas, R. (2002). Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program. *Measuring Business Excellence* 6 (4) , 20-27.
- Ashforth, B. E. (1997). Petty tyranny in organizations: a preliminary examination of antecedents and consequences. *Canadian Journal of Administrative Sciences* 14 (2) , 126-140.
- Association, L. (1994). *Information Quality and Liability*. London: Library Association.
- Barney, M. (2002b). Motorola's second generation. *Six Sigma Forum Magazine* 1 (3) , 13-16.
- Breyfogle, F. W. (1999). *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods*. New York: Wiley.
- Breyfogle, F. W., M., C. J., & Meadows, B. (2001). *Managing Six Sigma: a practical guide to understanding, assessing, and implementing the strategy that yields bottomline success*. New york: John Wiley & Sons, Inc.
- Buss, P., & Ivey, N. (2001). Dow chemical design for Six Sigma rail delivery project. *Proceedings of the 2001 winter simulation conference* , 1248-1251.
- Campos, V. F. (1992). *Controle da qualidade total (no estilo Japonês)*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni.
- Carvalho, M. (2002). *Selecionando projetos Seis Sigma. In: ROTONDARO, R. G. (org). Seis Sigma: Estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços*. São Paulo: Editora Atlas.
- Clifford, L. (2001). Why you can safely ignore Six Sigma. *Fortune* 143 (2) , 140.
- Coronado, R. B., & Antony, J. (2002). Critical success factors for the successful implementation of Six Sigma projects in organizations. *The TQM Magazine* 14 (2) , 92-99.
- Coronado, R. B., & Antony, J. (2002). Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations. *The TQM Magazine Journal, [S. l.]: v. 14, n. 2* , p. 92-99.
- Costa, A. F., Epprecht, E., & Carpinetti, L. (2003). *Controle estatístico de qualidade*. São paulo: Atlas.
- Crosby, P. (1979). *Quality is free*. New York: Mentor/New American Library.
- Cruz, T. (2002). *Sistemas, Organizações & Métodos: estudo integrado das novas tecnologias de informação*. São paulo: Atlas.

- Daft, R. L. (2001). *Organization Theory and Design, 7th ed.* South-Western: Mason, OH.
- Deming, E. E. (1986). *Out of the crisis.* Massachusetts: MIT Press.
- Deming, W. E. (1993). *Deming O Americano que Ensinou a Qualidade Total aos Japoneses.* Rio de Janeiro: Record.
- Deming, W. E. (1990). *Qualidade: A revolução da Administração.* Rio de Janeiro: Saraiva.
- Dutra, J. S. (2002). Gestão de pessoas. *Atlas*, 210.
- Eckes, G. (2001). *A revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucro.* São Paulo: Campus.
- Einset, E., & Marzano, J. (2002). Six Sigma Demystified. *Tooling&Production*, vol.13, no.2, pp.43-47.
- Evans, J., & Lindsay, W. (2005). *The management and control of quality, 6th ed.* South-Western: Mason, OH.
- Feigenbaum, A. V. (1961). *Total Quality Control.* New York: McGraw-Hill.
- Feo, J., & Bar-El, Z. (2002). Creating strategic change more efficiently with a new design for Six Sigma process-. *Journal of Change Management* 3 (1), 60-80.
- Gale, B. T., & Buzzell, R. D. (1991). *PIMS - O Impacto das Estratégias de Mercado no Resultado das Empresas.* São Paulo: Pioneira.
- Garvin, D. A. (1987). Competing on the Eight Dimensions of Quality. *Haward Business Review*, p.101-109.
- Garvin, D. (1992:44). *Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva.* Rio de Janeiro: Qualitymark Ed.
- Hagemeyer, C., Gershenson, J. K., & Johnson, D. M. (2006). Classification and application of problem solving quality tools. *The TQM Magazine*, v. 18, n. 5, p. 455-483.
- Hamel, G. (2000). Reinvent your company. *Fortune* 141 (12), 98-118.
- Harry, M. J., & Schroeder, R. (2000). Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations. *Doubleday*, New York.
- Ishikawa, K. (1993). *Controle de Qualidade Total a maneira japonesa.* Rio de Janeiro: Campus.
- Johnson, A., & Swisher, B. (2003). How Six Sigma improves R&D. *Research Technology Management* 46 (2), 12-15.
- Juran, G. F. (1951). *Quality Control Handbook.* New York: McGraw-Hill.
- Juran, J. M., & Gryna, F. M. (1991). *Controle da Qualidade handbook: conceitos, políticas e filosofia da qualidade.* São Paulo: Makron Books.
- Kaynak, H. (2003). The relationship between total quality management practices and their effects on firm performance. *Journal of Operations Management* 21 (4), 405-435.
- Kwak, Y., & Anbari, F. (2006). Benefits, obstacles, and future of Six Sigma approach. *Technovation* 26, 708-715.

- Lawler III, E. E. (1996). From the ground up: Six Sigma principles for building the new logic corporation. *Jossey-Bass*, San Francisco, CA.
- Man, J. (2002). Six Sigma and lifelong learning. *Work Study, [S. l.]*: v. 51, n. 4, p. 197-201.
- Martens, S. L. (2001). *Operationally Deploying Six Sigma*. Minneapolis: Director, Six Sigma Quality & Performance Measurement – American Express Financial Advisors.
- Mayo, E. (1933). *The human problems of an industrial civilization*. New York: The Macmillan Company.
- Mcadam, R., & Lafferty, B. (2004). A multilevel case study critique of Six Sigma: statistical control of strategic change? *International Journal of Operations & Production Management*; v. 24, n. 5, p. 530-549.
- McCarty, T., Bremer, M., Daniels, L., & Gupta, P. (2004). *The Six Sigma Black Belt handbook*. New York: McGraw-Hill.
- McClusky, R. (2000). The rise, fall, and revival of Six Sigma. *Measuring Business Excellence* 4 (2), 6-17.
- McManus, K. (1999). Is quality dead? *IIE Solutions* 31 (7), 32-35.
- Mitchell, B. (1992). The Six Sigma Appeal. *Engineering Management Journal*, p.41-47.
- Moosa, K., & SAJID, A. (2010). Critical Analysis of Six Sigma Implementation. *Total Quality Management & Business Excellence*, vol.21, pp. 745-759.
- Oakland, J. S. (1994). *Gerenciamento da Qualidade Total*. São Paulo: Nobel.
- Paladini, E. P. (2004). *Gestão da Qualidade: Teoria e prática*. São Paulo: Atlas.
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and other Top Companies are honing their performance*. New York: McGraw-Hill.
- Pereira, Z. L., & Requeijo, J. G. (2008). *Qualidade: Palneamento e Controlo Estatístico do Processo*. Lisboa: Prefácio.
- Perez-Wilson, M. (1999). *Seis Sigma: Compreendendo o Conceito, as Implicações e os Desafios*. Rio de Janeiro: Qualitymark.
- Pyzdek, T. (2000). A revolução do Seis Sigma. *Revista Banas Qualidade*, P. 38-43.
- Rebelato, M. G., & Oliveira, I. S. (2006). Um estudo comparativo entre a Gestão da Qualidade Total (TQM), o Seis Sigma e a ISO 9000. *Revista Gestão Industrial*, 106-116.
- Rotondaro, R. G. (2002). *Seis Sigma: Estratégia Gerencial para Controle de Processos e Serviços*. São Paulo: Atlas.
- Rudisill, F., & Druley, S. (2004). Which Six Sigma Metric Should I Use? *Quality Progress*, vol.37, no.3, pp.104.
- Saraph, J. V., Benson, P. G., & Schroeder, R. G. (1989). An instrument for measuring the critical factors of quality. *Decision Sciences*, 810-829.
- Schroeder, R. G., Linderman, K., Liedtke, C., & Choo, A. (2007). Six Sigma: Definition and underlying theory. *Journal of Operations Management* 26, 536-554.

Shewhart, W. (1931). *Economic control of quality manufactured product*. New York: D. Van Nostrand.

Shewhart, W. (1939). *Statistical method from the viewpoint of quality control*. Washington, DC: The graduate school the department of agriculture.

Slater, R. (1999). *Jack Welch and the GE Way: Management Insight and Leadership Secrets of the Legendary CEO*. New York: McGraw-Hill.

Snee, R., & Hoerl, R. (2003). *Leading Six Sigma*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.

Wang, H. (2008). A Review of Six Sigma Approach: Methodology Implementation and Future Research. *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2008. WiCOM '08. 4th International Conference on*, 1-4.

Weiner, M. (2004). Six Sigma. *Communication World* 21 (1), 26-29.

Welch, J. (2005). *Paixão por Vencer: A Bíblia do Sucesso*. Rio de Janeiro: Campus.

Werkema, M. C. (2004). *Criando a Cultura Seis Sigma*. Nova Lima: Werkema Ed.

Werkema, M. C. (1995). *Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1 ed.

Documentação fornecida pela fábrica

[1] Curso de moldagem por injeção HUSKY

[2] Manual Logoplaste Santa Iria

## **APÊNDICES**

---

Apêndice I - Defeitos

Apêndice II – Resultado da recolha de dados

Apêndice III – Folha de recolha de dados





# APÊNDICE I



### Avaliação visual de defeitos na etiqueta:

Primeiro é necessário estender o canudo tipo leque sobre o tapete de forma a visualizar todas as embalagens (Figura 6.2Figura 6.1). Por vezes é necessário separa-las de modo a poder ver melhor, há determinadas etiquetas que são mais difíceis de identificar os defeitos por serem mais claras por exemplo.

Avaliar a centragem da etiqueta (topos e laterais, para tal é necessário rodar o canudo) garantindo que a mesma preencha toda a parte exterior da embalagem.



Figura 6.1: Método de avaliação visual de defeitos de etiqueta nos fundos

### Avaliação visual de defeitos na embalagem

Colocar o canudo ao alto. Efectuar a avaliação tal como mostra a figura (de cima para baixo). Rodando o canudo e verificar o aparecimento de defeitos associados à distribuição de material (rebarbas, “ratados”, etc.) e deformações.



Figura 6.2: Método de avaliação visual de defeitos na embalagem

Em relação aos tampos a avaliação de defeitos nas unidades relativamente à quantidade de material e deformações é basicamente igual, no entanto a diferença está na avaliação de defeitos na etiqueta, é necessário observar  $\pm$  quatro tampos por canudo escolhidos aleatoriamente como mostra a figura abaixo, pois o canudo não permite ver as etiquetas, apenas a do tampo de cima.



Figura 6.3: Avaliação de defeitos de etiqueta nos tampos

Os defeitos de Moldagem por injeção podem ser provocados por aspectos tão diversos como:





- Definição errada dos parâmetros de injeção;
- Mau funcionamento da máquina de injeção;
- Projecto deficiente da peça ou do molde;
- Selecção errada do material plástico;
- Há ainda os defeitos devido a problemas de etiqueta.

O facto de se estabelecer uma avaliação de defeitos bem como a especificação e tipificação dos mesmos tem como objectivo alertar para que o operador possa actuar e solucionar o problema.

Tabela 6.1 - Defeitos detectados por inspeção visual

Defeito		Classificação
Furos		DFC
Contaminação		DFC
Sujidade (interior/exterior)		DFC
Distribuição do material	Falha de material (Ratado)	DFM
	Apara no gito (Fio)	DFC
	Gito saliente	Fundo – DFC Tampo: $> 1\text{mm}$ – DFC; $\leq 1\text{mm}$ - DFM
	Rebarbas interiores (no círculo do fundo)	DFC
	Rebarbas exteriores	$< 1\text{mm}$ – DFMN; $\geq 1\text{mm}$ - DFM
Deformações	Deformação da patilha (tampos)	DFMN
	Deformação do fundo	DFM
	Deformação do tampo	DFM
	Deformação do rebordo (fundos)	DFM
	Deformação da aba/rebordo (tampos)	DFM
	Rugosidade no topo (altura)	$< 1\text{mm}$ – DFMN $\geq 1\text{mm}$ - DFM
Defeitos com etiqueta	Etiqueta fora de padrão	DFM
	Ausência de etiqueta	DFM
	Etiqueta dobrada	DFM
	Sobreposição de etiquetas	DFMN
	Etiqueta mal alinhada	DFMN
	Etiqueta invertida	DFMN
	Matéria-prima sobre etiqueta (ou et. em V)	DFC
	Falta de aderência/Fixação de tintas	DFC

Tabela 6.2: Identificação dos defeitos mais comuns

Ratada		Unidade com falhas de material
Rebarba		Unidade com material a mais
Contaminação		Aparecimentos de pontos escuros na embalagem
Etiqueta Descentrada		Etiqueta fica mal colocada na embalagem
Etiqueta em V		O canto da etiqueta entra pelo PP fundido quando este é injectado no molde, o canto da etiqueta fica dobrado para dentro da embalagem.
Etiqueta dobrada		Quando o material é injectado a etiqueta está dobrada no molde, o resultado será uma embalagem com etiqueta dobrada

# APÊNDICE II

Tabela 6.3: Dados recolhidos na fase medir

Defeito/Dia		Dia 1			Dia 2			Dia 3			Dia 4			Dia 5			Dia 6			Dia 7			Dia 8			Dia 9			Dia 10			TOTAL	%	TOTAL
		Turno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29			
Refugio 47	Contaminada	0	52	7	55	18	10	44	13	2	13	4	3	18	23	0	0	68	13	0	18	65	0	107	15	0	73	30	32	4	17	706	70,06%	
	Bolhas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%		
	Deformada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0,50%	1007	
	Raiada/ratada	0	0	0	0	52	68	5	3	9	4	2	0	0	15	0	0	9	2	0	84	2	0	4	2	0	2	5	0	0	0	267	26,47%	
	Outros	0	0	13	0	0	0	0	0	7	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	30	2,97%		
Refugio 94	Etiqueta Descentrada	1	2	34	93	16	41	0	415	7	0	4	1	9	2	34	6	145	4	125	64	2	18	30	0	5	2	0	89	13	5	1167	26,21%	
	Etiqueta Dobrada	1	10	1	2	6	7	4	0	2	0	1	2	0	0	2	0	3	0	208	19	260	160	156	2	0	4	1	4	0	2	856	19,22%	
	MP sobre Etiqueta	1	0	0	0	18	30	1	6	0	1	1	0	2	10	31	1	0	0	0	10	0	5	0	0	3	0	1	5	0	0	126	2,83%	
	Ratada	0	25	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	3	4	5	1	5	0	18	0	208	6	1	312	20	1	1	1	613	13,78%	4452
	Rebarba	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0,09%		
	Contaminada	0	104	5	62	4	9	13	104	15	28	38	80	176	23	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	700	15,72%	
	Outros	0	15	16	0	8	2	0	2	16	0	0	0	0	0	0	24	5	0	156	273	95	9	6	3	80	0	0	268	9	0	986	22,15%	
Refugio 144	MP Sobre Etiqueta (V)	14	25	65	262	65	33	164	207	0	20	102	33	16	17	2	7	0	66	218	12	33	8	8	33	12	2	6	2	25	29	1486	47,65%	
	Etiqueta Dobrada	0	0	65	0	12	33	0	1	26	0	6	33	0	3	5	7	0	8	5	0	9	2	2	6	13	1	6	3	2	5	252	8,09%	
	Ratada	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	65	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	39	0	115	3,70%	
	Rebarba	24	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0	4	1	0	2	0	0	2	40	1,28%	3118
	Etiqueta Descentrada	0	84	0	105	59	0	0	0	39	0	6	0	9	6	0	42	86	9	39	32	7	13	4	3	10	0	2	0	21	6	581	18,65%	
	Contaminada	51	0	0	8	6	0	2	24	0	0	1	0	0	12	0	206	0	0	6	0	0	39	13	0	5	0	0	5	9	16	402	12,90%	
	Outros	0	0	0	4	0	0	0	132	0	0	6	0	2	8	65	4	0	2	14	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	241	7,73%	
Refugio 148	Contaminada	0	1373	1	72	15	5	144	13	6	72	2	5	58	14	1	1204	37	6	156	0	0	12	4	7	425	0	0	11	0	0	3642	86,70%	
	Etiqueta Dobrada	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,02%		
	Etiqueta Descentrada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	5	0,12%		
	Ratada	0	260	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	260	6,19%	4201
	Rebarba	0	10	0	0	0	0	4	0	0	8	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	1,01%	
	Outros	0	0	0	173	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	13	0	0	8	8	3	7	0	0	14	11	8	0	250	5,96%	
																																12778		



# APÊNDICE III

Tabela 6.4: Folha de recolha de dados na fase medir

Turno A		Turno B		Turno C	
Máquina 47		Máquina 47		Máquina 47	
Defeitos	Peso	Defeitos	Peso	Defeitos	Peso
Contaminada		Contaminada		Contaminada	
Bolhas		Bolhas		Bolhas	
Deformada		Deformada		Deformada	
Raiada		Raiada		Raiada	
Outros (O quê??)		Outros (O quê??)		Outros (O quê??)	
Máquina 94		Máquina 94		Máquina 94	
Defeito	Peso	Defeito	Peso	Defeito	Peso
Etiqueta Descentrada		Etiqueta Descentrada		Etiqueta Descentrada	
Sem Etiqueta		Sem Etiqueta		Sem Etiqueta	
Etiqueta Dobrada		Etiqueta Dobrada		Etiqueta Dobrada	
Mp sobre Etiqueta		Mp sobre Etiqueta		Mp sobre Etiqueta	
Ratada		Ratada		Ratada	
Rebarba		Rebarba		Rebarba	
Contaminada		Contaminada		Contaminada	
Outros (O quê??)		Outros (O quê??)		Outros (O quê??)	
Máquina 144		Máquina 144		Máquina 144	
Defeitos	Peso	Defeitos	Peso	Defeitos	Peso
Mp Sobre Etiqueta (V)		Mp Sobre Etiqueta (V)		Mp Sobre Etiqueta (V)	
Etiqueta Dobrada		Etiqueta Dobrada		Etiqueta Dobrada	
Ratada		Ratada		Ratada	
Rebarba		Rebarba		Rebarba	
Sem Etiqueta		Sem Etiqueta		Sem Etiqueta	
Etiqueta Descentrada		Etiqueta Descentrada		Etiqueta Descentrada	
Contaminada		Contaminada		Contaminada	
Outros (O quê??)		Outros (O quê??)		Outros (O quê??)	
Máquina 148		Máquina 148		Máquina 148	
Defeitos	Peso	Defeitos	Peso	Defeitos	Peso
Contaminada		Contaminada		Contaminada	
Etiqueta Dobrada		Etiqueta Dobrada		Etiqueta Dobrada	
Sem Etiqueta		Sem Etiqueta		Sem Etiqueta	
Etiqueta Descentrada		Etiqueta Descentrada		Etiqueta Descentrada	
Ratada ou Rebarba		Ratada ou Rebarba		Ratada ou Rebarba	
Outros (O quê??)		Outros (O quê??)		Outros (O quê??)	